

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

CFV00160
Kosuke Fujimoto, et al. VS
Filed - 03/26/04
Appln. No. 10/809,540

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日
Date of Application: 2004年 3月19日

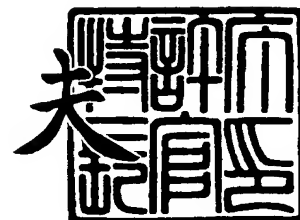
出願番号
Application Number: 特願2004-081135
[ST. 10/C]: [JP 2004-081135]

出願人
Applicant(s): キヤノン株式会社

2004年 4月19日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康夫



【書類名】 特許願
【整理番号】 5517012-01
【提出日】 平成16年 3月19日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 H02N 2/00
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内
 【氏名】 藤本 幸輔
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内
 【氏名】 片岡 健一
【特許出願人】
 【識別番号】 0000001007
 【氏名又は名称】 キヤノン株式会社
【代理人】
 【識別番号】 100067541
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 岸田 正行
【選任した代理人】
 【識別番号】 100087398
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 水野 勝文
【選任した代理人】
 【識別番号】 100104628
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 水本 敦也
【選任した代理人】
 【識別番号】 100108361
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 小花 弘路
【手数料の表示】
 【予納台帳番号】 044716
 【納付金額】 21,000円
【提出物件の目録】
 【物件名】 特許請求の範囲 1
 【物件名】 明細書 1
 【物件名】 図面 1
 【物件名】 要約書 1

【書類名】特許請求の範囲**【請求項 1】**

弾性体および電気―機械エネルギー変換素子を有する振動体と、前記振動体に接触する接触体とを有し、前記電気―機械エネルギー変換素子に複数の駆動信号を印加して、前記振動体に進行性振動を励起し、前記振動体と接触体とを相対移動させる振動型駆動装置の制御装置であって、

前記進行性振動の最大変位が増減し、かつその最大変位が極大となる位置が前記振動体と前記接触体の相対移動方向に変化するように前記駆動信号を制御することを特徴とする振動型駆動装置の制御装置。

【請求項 2】

弾性体および電気―機械エネルギー変換素子を有する振動体と、前記振動体に接触する接触体とを有し、前記電気―機械エネルギー変換素子に複数の駆動信号を印加して、前記振動体に進行性振動を励起し、前記振動体と前記接触体とを相対移動させる振動型駆動装置の制御装置であって、

前記進行性振動の最大変位が増減し、かつその最大変位が極大となる位置が前記振動体と前記接触体の相対移動方向に変化するように前記複数の駆動信号を異なる時間的位相をもって周期的に制御することを特徴とする振動型駆動装置の制御装置。

【請求項 3】

前記複数の駆動信号の振幅と位相を異なる時間的位相をもって周期的に変化させることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の振動型駆動装置の制御装置。

【請求項 4】

前記複数の駆動信号の振幅を異なる時間的位相をもって周期的に変化させることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の振動型駆動装置の制御装置。

【請求項 5】

前記駆動信号の周波数の変化に対して前記進行性振動の最大変位を変化させるよう前記駆動信号を制御することを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれか 1 つに記載の振動型駆動装置の制御装置。

【請求項 6】

前記振動型駆動装置の速度を検出する速度検出手段を有し、

前記速度検出手段の検出結果に応じて前記進行性振動の最大変位を変化させるよう前記駆動信号を制御することを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれか 1 つに記載の振動型駆動装置の制御装置。

【請求項 7】

弾性体および電気―機械エネルギー変換素子を有する振動体と、前記振動体に接触する接触体とを有し、前記電気―機械エネルギー変換素子に複数の駆動信号を印加して、前記振動体に、同形状で位置的位相が異なる複数の振動を励起し、これら振動の合成により発生した進行性振動により、前記振動体と前記接触体とを相対移動させる振動型駆動装置の制御装置であって、

前記進行性振動が、振幅一定の進行性振動成分と、位置的位相が変化する定在波振動成分を含むように前記駆動信号を制御することを特徴とする振動型駆動装置の制御装置。

【請求項 8】

前記複数の駆動信号の振幅と位相を異なる時間的位相をもって周期的に変化させることを特徴とする請求項 7 に記載の振動型駆動装置の制御装置。

【請求項 9】

前記定在波振動成分の位置的位相が前記振動体と前記接触体の相対移動方向に変化するように前記複数の駆動信号の振幅を異なる時間的位相をもって周期的に変化させることを特徴とする請求項 7 に記載の振動型駆動装置の制御装置。

【請求項 10】

前記駆動信号の周波数の変化に対して前記定在波振動成分を増減することを特徴とする請求項 7 に記載の振動型駆動装置の制御装置。

【請求項 1 1】

前記振動型駆動装置の速度を検出する速度検出手段を有し、前記速度検出手段の検出結果に応じて前記定在波振動成分を増減することを特徴とする請求項 7 に記載の振動型駆動装置の制御装置。

【請求項 1 2】

前記振動型駆動装置の駆動速度を検出する速度検出手段と、

前記速度検出手段により得られた速度信号と、与えられた速度指令値との偏差から駆動信号の周波数を決定する周波数制御手段と、

前記振動型駆動装置の駆動速度に対して予め定められたパラメータに応じて位相変調量および振幅変調量を決定する変調手段と、

前記変調手段により決定された位相変調量に応じて駆動信号を位相変調した信号を発生する位相制御手段と、

前記変調手段により決定された振幅変調量に応じて駆動信号のそれぞれに独立して振幅変調を施す振幅制御手段とを有することを特徴とする請求項 3 又は 8 に記載の振動型駆動装置の制御装置。

【請求項 1 3】

前記振動型駆動装置の駆動速度を検出する速度検出手段と、

前記速度検出手段により得られた速度信号と、与えられた速度指令値との偏差から駆動周波数を決定する周波数制御手段と、

前記振動型駆動装置の駆動速度に対して予め定められたパラメータに応じて振幅変調量を決定する変調手段と、

前記変調手段により決定された振幅変調量に応じて駆動信号のそれぞれに独立して振幅変調を施す振幅制御手段とを有することを特徴とする請求項 4 又は 9 に記載の振動型駆動装置の制御装置。

【請求項 1 4】

前記振動型駆動装置の駆動速度を検出する速度検出手段と、

前記速度検出手段から得られる速度信号と、与えられた速度指令値との偏差から駆動周波数を決定し、パルス信号を出力する周波数制御手段と、

前記振動型駆動装置の回転速度に対して予め定められたパラメータに応じて位相変調量およびパルス幅変調量を決定する変調手段と、

前記変調手段により決定された位相変調量に応じて前記パルス信号を位相変調する位相制御手段と、

前記変調手段により決定されたパルス幅変調量に応じてパルス信号のそれぞれに独立してパルス幅変調を施すパルス幅制御手段とを有し、

該位相変調およびパルス幅変調されたパルス信号に応じて電源電圧を出力するスイッチング素子および電源電圧を昇圧する昇圧手段によって構成される駆動回路により前記複数の駆動信号を生成することを特徴とする請求項 2 又は 7 に記載の振動型駆動装置の制御装置。

【請求項 1 5】

前記振動型駆動装置の駆動速度を検出する速度検出手段と、

前記速度検出手段から得られる速度信号と、与えられた速度指令値との偏差から駆動周波数を決定し、パルス信号を出力する周波数制御手段と、

前記振動型駆動装置の回転速度に対して予め定められたパラメータに応じてパルス幅変調量を決定する変調手段と、

前記変調手段により決定されたパルス幅変調量に応じて前記パルス信号をパルス幅変調するパルス幅制御手段とを有し、

該パルス幅変調されたパルス信号に応じて電源電圧を出力するスイッチング素子および電源電圧を昇圧する昇圧手段によって構成される駆動回路により前記複数の駆動信号を生成することを特徴とする請求項 4 又は 9 に記載の振動型駆動装置の制御装置。

【請求項 1 6】

弾性体および電気-機械エネルギー変換素子を有する振動体と、前記振動体に接触する接触体とを有し、前記電気-機械エネルギー変換素子に複数の駆動信号を印加して、前記振動体に進行性振動を励起し、前記振動体と前記接触体とを相対移動させる振動型駆動装置の制御装置であって、

周波数を異ならせた複数の進行性振動を同時に励起することを特徴とする振動型駆動装置の制御装置。

【請求項 17】

前記複数の進行性振動は互いの進行方向が異なる進行性振動を含むことを特徴とする請求項 16 に記載の振動型駆動装置の制御装置。

【請求項 18】

与えられた速度指令値に応じて同時に励起する進行性振動の数を異ならせることを特徴とする請求項 16 に記載の振動型駆動装置の制御装置。

【請求項 19】

与えられた速度指令値に応じて進行方向の一致する進行性振動の数を変化させることを特徴とする請求項 16 に記載の振動型駆動装置の制御装置。

【請求項 20】

前記振動型駆動装置の駆動速度に応じて同時に励起する進行性振動の数を異ならせることを特徴とする請求項 16 に記載の振動型駆動装置の制御装置。

【請求項 21】

前記振動型駆動装置の駆動速度に応じて進行方向の一致する進行性振動の数を変化させることを特徴とする請求項 16 に記載の振動型駆動装置の制御装置。

【請求項 22】

前記振動型駆動装置の駆動速度を検出する速度検出手段と、
前記速度検出手段により得られた速度信号と、与えられた速度指令値との偏差から複数の進行性振動それぞれの駆動周波数を決定する周波数制御手段と、
前記周波数制御手段により決定された駆動周波数に応じて前記複数の進行性振動を励起するための駆動信号を発生する駆動信号生成手段とを有することを特徴とする請求項 16 に記載の振動型駆動装置の制御装置。

【請求項 23】

前記振動型駆動装置の駆動速度を検出する速度検出手段と、
前記速度検出手段により得られた速度信号と、与えられた速度指令値との偏差から複数の進行性振動それぞれの駆動周波数を決定する周波数制御手段と、
前記速度指令値から複数の進行性振動のそれぞれを形成する複数の定在波間の時間的位相を決定する位相制御手段と、
前記周波数制御手段により決定された駆動周波数および前記位相制御手段により決定された時間的位相に応じて前記複数の進行性振動を励起するための駆動信号を発生する駆動信号生成手段とを有することを特徴とする請求項 16 に記載の振動型駆動装置の制御装置。

【請求項 24】

前記振動型駆動装置の駆動速度を検出する速度検出手段と、
前記速度検出手段により得られた速度信号と、与えられた速度指令値との偏差から複数の進行性振動それぞれの駆動周波数を決定する周波数制御手段と、
前記駆動速度から複数の進行性振動のそれぞれを形成する複数の定在波間の時間的位相を決定する位相制御手段と、
前記周波数制御手段により決定された駆動周波数および前記位相制御手段により決定された時間的位相に応じて前記複数の進行性振動を励起するための駆動信号を発生する駆動信号生成手段とを有することを特徴とする請求項 16 に記載の振動型駆動装置の制御装置。

【請求項 25】

弾性体および電気-機械エネルギー変換素子を有する振動体と、前記振動体に接触する接

触体とを有し、前記電気-機械エネルギー変換素子に複数の駆動信号を印加して、前記振動体に進行性振動を励起し、前記振動体と前記接触体とを相対移動させる振動型駆動装置の制御装置であって、

第1の進行性振動を励起する第1の駆動信号と、第1の進行性振動と周波数を異ならせた第2の進行性振動を励起する第2の駆動信号を、それぞれ間欠的な駆動信号群とし、かつ第1の駆動信号と第2の駆動信号を交互に前記電気-機械エネルギー変換素子に印加し、該第1および第2の進行性振動の一方の減衰振動が生じている間に他方の進行性振動を重畳させることを特徴とする振動型駆動装置の制御装置。

【請求項26】

前記第1および第2の駆動信号群はそれぞれの駆動信号群内において時間的位相が一致することを特徴とする請求項25に記載の振動型駆動装置の制御装置。

【請求項27】

前記進行性振動の印加開始時の位相を、前記間欠的な駆動信号の生成前にそれぞれの駆動信号によって励起された進行性振動の減衰振動の位相と一致させることを特徴とする請求項25に記載の振動型駆動装置の制御装置。

【請求項28】

前記第1の進行性振動の減衰振動と前記第2の進行性振動の進行方向を異ならせることを特徴とする請求項25に記載の振動型駆動装置の制御装置。

【請求項29】

前記振動型駆動装置の駆動速度を検出する速度検出手段と、

前記速度検出手段により得られた速度信号から前記第1及び第2の進行性振動それぞれの駆動周波数を決定する周波数制御手段と、

前記周波数制御手段により決定された駆動周波数に応じて前記第1及び第2の進行性振動を励起するための駆動信号を発生する駆動信号生成手段とを有することを特徴とする請求項25に記載の振動型駆動装置の制御装置。

【請求項30】

前記振動型駆動装置の駆動速度を検出する速度検出手段と、

前記速度検出手段により得られた速度信号から前記第1及び第2の進行性振動それぞれの駆動周波数を決定する周波数制御手段と、

前記速度検出手段により得られた速度信号から前記第1及び第2の進行性振動それぞれを強制振動する継続時間を決定する時間制御手段と、

前記周波数制御手段により決定された駆動周波数および前時間制御手段により決定された継続時間に応じて前記第1及び第2の進行性振動を励起するための駆動信号を発生する駆動信号生成手段とを有することを特徴とする請求項25に記載の振動型駆動装置の制御装置。

【請求項31】

請求項1から30のいずれか1つに記載の制御装置と、

前記制御装置により制御される振動型駆動装置と、

前記振動型駆動装置により駆動される駆動機構とを有することを特徴とする作動装置。

【請求項32】

弾性体および電気-機械エネルギー変換素子を有する振動体と、前記振動体に接触する接触体とを有し、前記電気-機械エネルギー変換素子に複数の駆動信号を印加して、前記振動体に、同形状で位置的位相が異なる複数の振動を励起し、これら振動の合成により発生した進行性振動により、前記振動体と前記接触体とを相対移動させる振動型駆動装置の制御方法であって、

前記進行性振動の最大変位が増減し、かつその最大変位が極大となる位置が前記振動体と前記接触体の相対移動方向に変化するように前記駆動信号を制御することを特徴とする振動型駆動装置の制御方法。

【請求項33】

前記複数の駆動信号を異なる時間的位相をもって周期的に制御することを特徴とする請

求項 3 2 に記載の振動型駆動装置の制御方法。

【請求項 3 4】

前記複数の駆動信号の振幅と位相を異なる時間的位相をもって周期的に変化させることを特徴とする請求項 3 2 又は 3 3 に記載の振動型駆動装置の制御方法。

【請求項 3 5】

前記複数の駆動信号の振幅を時間的位相をもって周期的に変化させることを特徴とする請求項 3 2 又は 3 3 に記載の振動型駆動装置の制御方法。

【請求項 3 6】

弾性体および電気-機械エネルギー変換素子を有する振動体と、前記振動体に接触する接触体とを有し、前記電気-機械エネルギー変換素子に複数の駆動信号を印加して、前記振動体に、同形状で位置的位相が異なる複数の振動を励起し、これら振動の合成により発生した進行性振動により、前記振動体と前記接触体とを相対移動させる振動型駆動装置の制御方法であって、

前記進行性振動が、振幅一定の進行性振動成分と、位置的位相が変化する定在波振動成分を含むように前記駆動信号を制御することを特徴とする振動型駆動装置の制御方法。

【請求項 3 7】

前記複数の駆動信号の振幅と位相を時間的位相をもって周期的に変化させることを特徴とする請求項 3 6 に記載の振動型駆動装置の制御方法。

【請求項 3 8】

前記複数の駆動信号の振幅を異なる時間的位相をもって周期的に変化させることを特徴とする請求項 3 6 に記載の振動型駆動装置の制御方法。

【請求項 3 9】

弾性体および電気-機械エネルギー変換素子を有する振動体と、前記振動体に接触する接触体とを有し、前記電気-機械エネルギー変換素子に複数の駆動信号を印加して、前記振動体に進行性振動を励起し、前記振動体と前記接触体とを相対移動させる振動型駆動装置の制御方法であって、

周波数を異ならせた複数の進行性振動を同時に励起することを特徴とする振動型駆動装置の制御方法。

【請求項 4 0】

前記複数の進行性振動は、互いの進行方向が異なる進行性振動を含むことを特徴とする請求項 3 9 に記載の振動型駆動装置の制御方法。

【請求項 4 1】

弾性体および電気-機械エネルギー変換素子を有する振動体と、前記振動体に接触する接触体とを有し、前記電気-機械エネルギー変換素子に複数の駆動信号を印加して、前記振動体に進行性振動を励起し、前記振動体と前記接触体とを相対移動させる振動型駆動装置の制御方法であって、

第 1 の進行性振動を励起する第 1 の駆動信号と、第 1 の進行性振動と周波数を異ならせた第 2 の進行性振動を励起する第 2 の駆動信号を、それぞれ間欠的な駆動信号群とし、かつ第 1 の駆動信号と第 2 の駆動信号を交互に電気-機械エネルギー変換素子に印加し、該第 1 および第 2 の進行性振動の一方の減衰振動が生じている間に他方の進行性振動を重畳させることを特徴とする振動型駆動装置の制御方法。

【請求項 4 2】

前記第 1 および第 2 の駆動信号群は、それぞれの駆動信号群内において時間的位相を一致することを特徴とする請求項 4 1 に記載の振動型駆動装置の制御方法。

【請求項 4 3】

前記進行性振動の印加開始時の位相を、前記間欠的な駆動信号の生成前にそれぞれの駆動信号によって励起された進行性振動の減衰振動の位相と一致させることを特徴とする請求項 4 1 に記載の振動型駆動装置の制御方法。

【請求項 4 4】

前記第 1 の進行性振動の減衰振動と前記第 2 の進行性振動の進行方向を異ならせること

を特徴とする請求項 4 1 に記載の振動型駆動装置の制御方法。

【請求項 4 5】

請求項 3 2 から 4 4 のいずれか 1 つに記載の制御方法をコンピュータに実行させるためのプログラムであることを特徴とする振動型駆動装置の制御プログラム。

【請求項 4 6】

情報処理装置によって読み取り可能なプログラムを記憶した記憶媒体であって、
前記プログラムは、請求項 3 2 から 4 4 のいずれか 1 つに記載の制御方法を前記情報処理装置に実行させるプログラムコードを有することを特徴とする記憶媒体。

【書類名】明細書

【発明の名称】振動型駆動装置の制御装置、この制御装置を用いた作動装置、振動型駆動装置の制御方法、振動型駆動装置の制御プログラムおよびこのプログラムを記憶した記憶媒体

【技術分野】**【0001】**

本発明は、電気-機械エネルギー変換素子により振動体に進行性振動を形成し、該振動体と接触体とを相対移動させるいわゆる振動型駆動装置の制御に関する。

【背景技術】**【0002】**

電気-機械エネルギー変換素子により弾性体に振動を形成し、移動体（接触体）を駆動する振動型駆動装置は、低速度で大きな駆動力が取り出せるアクチュエータとして用いられている。

【0003】

特に、特許文献1にて提案されている進行波型の振動型駆動装置は、弾性体に進行性の振動波を励起し、これに加圧接触した移動体を連続的に駆動することにより、より滑らかな駆動が可能である。

【0004】

この特許文献1に記載の振動型駆動装置では、振動体が円環形状の弾性体を用いて構成され、弾性体の軸方向一方の側には、くし歯状の突起群が形成されている。これら突起群の上面には、摩擦材料が接着されている。また、弾性体の軸方向他方の側には、電気-機械エネルギー変換素子として円環状の圧電素子が接着されており、圧電素子にはパターン電極が形成されている。

【0005】

パターン電極は、振動体の円環部に励起する振動モードの次数に対応して、次数の四倍の数に等分割されており、それぞれの電極には、順に時間位相が 90° ずつ異なる略サイン波形状の交流電圧が供給される。励起する振動モードの固有振動数付近の周波数で交流電圧を供給すると、圧電素子の伸縮により弾性体に加わる曲げモーメントによって弾性体が共振し、 90° ずつ異なる交流電圧に対してそれぞれ励起される振動（モード）は同形状で、かつ位相が異なり、その合成によって進行性振動波（進行波）が形成される。

【0006】

図44に、振動型駆動装置の駆動を行うための駆動回路を示す。この駆動回路は、特許文献2にて記載された駆動回路であり、22~29のMOSFETで構成したスイッチング回路を、不図示のパルス発生回路で発生したパルスでオン・オフ制御し、センタータップ付きのトランス30、31に交流電圧を発生させ、2次側に接続されたA（+）、B（+）、A（-）、B（-）相に対応する端子32~35に順次 90° 位相のずれた交流電圧を供給する。

【0007】

一方、異なる振動（モード）を重ね合せた、いわゆる定在波駆動型のモータは、例えば、特許文献3にて提案されているような縦振動とねじり振動を合成するものがある。この例では、縦振動とねじり振動を 90° の位相差をもって励起することにより、縦振動を振動体の移動体に対する離間および接触を行わせる振動として、ねじり振動を移動体を搬送する振動として用いている。

【0008】

このような異なる振動モードの重ね合せにより駆動する振動型駆動装置は、異なる振動方向のモードを同じ周波数で駆動するために、異なる振動方向のモードに対して共振周波数を略一致させることが必要であるが、同形状で加工しても、振動体の材料の異方性などから共振周波数を一致させることが難しく、周波数の調整工程が必要となる。

【0009】

これに対し、前述した同形状の振動（モード）の重ね合せによるいわゆる進行波型の振

動型駆動装置は、振動モードが同じ変形の分布を持つモードであるために、振動方向による共振周波数の変化が出にくく、2つのモードの共振周波数を一致させるためにほとんど調整を必要としないという特徴がある。

【特許文献1】特開2001-157473号公報

【特許文献2】特開2002-176788号公報

【特許文献3】特開平8-242593号公報

【特許文献4】特開平8-80073号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

しかしながら、進行波型の振動型駆動装置では、同形状の振動（モード）の重ね合わせであるがゆえに、以下のような問題がある。

【0011】

図45A、図45Bには、振動体（弾性体）と移動体との接触・駆動状態を模式的に示している。

【0012】

図45A、図45Bには、振動体101の振動変位と、移動体106の応答変位を示しており、振動体上の突起形状や摩擦材料は省略している。図中に実線矢印で示したのは振動体101の駆動振動であり、この駆動振動によって移動体106が白抜き矢印で示した方向に駆動される。図45Aは振動振幅が大きい高速駆動時を、図45Bは、図45Aの場合よりも振動振幅が小さい低速駆動時の振動状態を示している。図45Bのように、振動振幅を小さくすることによって各位置での送り速度を下げ、速度を落としている（速度は白抜き矢印の長さで表している）。

【0013】

移動体106は、振動体101の振動形状に対して送り速度が大きい、すなわち変位が大きい部分に一部が接触するようにその曲げ剛性と応答性をもたせている。しかし、速度を下げるに従って、移動体106との接触領域が増加し、最終的には図45Bに示すようにほとんど全面で接触した状態で低速駆動されることになる。

【0014】

このような接触状態になると、接触面のほぼ全域に、部分的な振動体と移動体との速度差による滑り摩擦が働くために効率が低下する。さらに、接触面で生じた摩耗粉が外部に排出されにくくなり、砥粒として働くため、移動体および振動体の摩耗量が増加する。

【0015】

ある程度の振動振幅を維持しながら速度を下げる手法としては、主として振動の応答性を高めるための手段としてではあるが、例えば特許文献4にて提案されているように、停止時に定在波に切り換える方法や、A相、B相間の位相差を 90° から小さくして定在波に変化させる方法、あるいは、A相、B相の一方の振動振幅を小さくする方法がある。

【0016】

しかしながら、このような方法では、振動体と移動体との接触面に悪影響を及ぼす。

【0017】

例えば、円環型の振動型駆動装置の場合、振動体に複数の曲げ変形を生ずるような振動モードを位置的位相を 90° ずらして重ね合わせて用いる。

【0018】

図46は、振動体の振動を模式的に示した展開図であり、圧電素子102のA（+）、B（+）、A（-）、B（-）にそれぞれ時間位相が 90° 異なる駆動電圧を供給した場合の振動の様子を示している。振動体101の各部に示した楕円‘a’～‘g’は、振動体の各位置に生じる楕円運動を示している。各楕円中に示した矢印は、楕円運動を構成するA、B相（実線矢印がA相を、点線矢印がB相を示す）の各振動成分である。

【0019】

楕円運動を構成するA、Bの各相の振動成分は、位置によって方向が異なっている。こ

こで、A相の振動振幅を小さくして定在波成分を生じさせると、場所によって縦振幅が減少する箇所と横振幅が減少する箇所とが分布して生じることにより、摩擦状態の不均一を生ずる。この不均一は、摩擦面の摩耗速度に差を生じさせるため、摩擦面の平面度の劣化を生じ、性能の低下の原因になる。

【0020】

さらに、進行波振動の極大部、すなわち駆動力が大きい箇所が常に同じ位置に存在するため、移動体と振動体との面圧むらが生じたり、移動体の接触部の平面の凹凸によって移動体の回転と同期して回転むらが生じたりして、回転精度が低下するおそれがある。

【0021】

本発明は、低速での駆動状態を長期間にわたって続けても、出力性能を維持できるようにした振動型駆動装置の制御装置および制御方法を提供することを目的としている。

【課題を解決するための手段】

【0022】

上記の目的を達成するために、本発明は、弾性体および電気-機械エネルギー変換素子を有する振動体と、前記振動体に接触する接触体とを有し、前記電気-機械エネルギー変換素子に複数の駆動信号を印加して、前記振動体に進行性振動を励起し、前記振動体と接触体とを相対移動させる振動型駆動装置の制御装置において、前記進行性振動の最大変位が増減し、かつその最大変位が極大となる位置が前記振動体と前記接触体の相対移動方向に変化するように前記駆動信号を制御することを特徴とする。

【0023】

また、本発明は、弾性体および電気-機械エネルギー変換素子を有する振動体と、前記振動体に接触する接触体とを有し、前記電気-機械エネルギー変換素子に複数の駆動信号を印加して、前記振動体に進行性振動を励起し、前記振動体と前記接触体とを相対移動させる振動型駆動装置の制御装置において、前記進行性振動の最大変位が増減し、かつその最大変位が極大となる位置が前記振動体と前記接触体の相対移動方向に変化するように前記複数の駆動信号を異なる時間的位相をもって周期的に制御することを特徴とする。

【0024】

また、本発明は、弾性体および電気-機械エネルギー変換素子を有する振動体と、前記振動体に接触する接触体とを有し、前記電気-機械エネルギー変換素子に複数の駆動信号を印加して、前記振動体に、同形状で位置的位相が異なる複数の振動を励起し、これら振動の合成により発生した進行性振動により、前記振動体と前記接触体とを相対移動させる振動型駆動装置の制御装置において、前記進行性振動が、振幅一定の進行性振動成分と、位置的位相が変化する定在波振動成分を含むように前記駆動信号を制御することを特徴とする。

【0025】

また、本発明は、弾性体および電気-機械エネルギー変換素子を有する振動体と、前記振動体に接触する接触体とを有し、前記電気-機械エネルギー変換素子に複数の駆動信号を印加して、前記振動体に進行性振動を励起し、前記振動体と前記接触体とを相対移動させる振動型駆動装置の制御装置において、周波数を異ならせた複数の進行性振動を同時に励起することを特徴とする。

【0026】

また、本発明は、弾性体および電気-機械エネルギー変換素子を有する振動体と、前記振動体に接触する接触体とを有し、前記電気-機械エネルギー変換素子に複数の駆動信号を印加して、前記振動体に進行性振動を励起し、前記振動体と前記接触体とを相対移動させる振動型駆動装置の制御装置において、第1の進行性振動を励起する第1の駆動信号と、第1の進行性振動と周波数を異ならせた第2の進行性振動を励起する第2の駆動信号を、それぞれ間欠的な駆動信号群とし、かつ第1の駆動信号と第2の駆動信号を交互に電気-機械エネルギー変換素子に印加し、該第1および第2の進行性振動の一方の減衰振動が生じている間に他方の進行性振動を重畳させることを特徴とする。

【0027】

また、本発明は、弾性体および電気－機械エネルギー変換素子を有する振動体と、前記振動体に接触する接触体とを有し、前記電気－機械エネルギー変換素子に複数の駆動信号を印加して、前記振動体に、同形状で位置的位相が異なる複数の振動を励起し、これら振動の合成により発生した進行性振動により、前記振動体と前記接触体とを相対移動させる振動型駆動装置の制御方法において、前記進行性振動の最大変位が増減し、かつその最大変位が極大となる位置が前記振動体と接触体の相対移動方向に変化するように前記駆動信号を制御する。

【0028】

また、本発明は、弾性体および電気－機械エネルギー変換素子を有する振動体と、前記振動体に接触する接触体とを有し、前記電気－機械エネルギー変換素子に複数の駆動信号を印加して、前記振動体に、同形状で位置的位相が異なる複数の振動を励起し、これら振動の合成により発生した進行性振動により、前記振動体と前記接触体とを相対移動させる振動型駆動装置の制御方法において、前記進行性振動が、振幅一定の進行性振動波と、位置的位相が変化する定在波振動成分を含むように前記駆動信号を制御することを特徴とする。

【0029】

また、本発明は、弾性体および電気－機械エネルギー変換素子を有する振動体と、前記振動体に接触する接触体とを有し、前記電気－機械エネルギー変換素子に複数の駆動信号を印加して、前記振動体に進行性振動を励起し、前記振動体と前記接触体とを相対移動させる振動型駆動装置の制御方法において、周波数を異ならせた複数の進行性振動を同時に励起することを特徴とする。

【0030】

さらに、本発明は、弾性体および電気－機械エネルギー変換素子を有する振動体と、前記振動体に接触する接触体とを有し、前記電気－機械エネルギー変換素子に複数の駆動信号を印加して、前記振動体に進行性振動を励起し、前記振動体と前記接触体とを相対移動させる振動型駆動装置の制御方法において、第1の進行性振動を励起する第1の駆動信号と、第1の進行性振動と周波数を異ならせた第2の進行性振動を励起する第2の駆動信号を、それぞれ間欠的な駆動信号群とし、かつ第1の駆動信号と第2の駆動信号を交互に電気－機械エネルギー変換素子に印加し、該第1および第2の進行性振動の一方の減衰振動が生じている間に他方の進行性振動を重畳させることを特徴とする。

【発明の効果】

【0031】

本発明によれば、振動型駆動装置を低速で駆動する場合において、速度むらの少ない安定した駆動を行うことができるとともに、長期にわたって振動型駆動装置の安定した性能を維持することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0032】

以下、本発明の実施例について図面を参照しながら説明する。

【実施例1】

【0033】

図12には、本発明の実施例1である進行波型の振動型駆動装置の構成を示す。この振動型駆動装置は、ハウジング10にビスなどで固定された振動体1と、振動体1に摩擦材5を介して摩擦接触する移動体6と、玉軸受け15によってハウジング10に回転自在に支持された出力軸11と、移動体6を振動体1に加圧接触させるばね力を発生するとともに、移動体6の回転を出力軸11に伝達する加圧ばね8とにより構成されている。出力軸11には、不図示のギヤ等を介して、該振動型駆動装置を駆動源とする各種装置、機器等の作動装置21の駆動機構20が接続されており、駆動機構20は出力軸11からの出力を受けて作動する。

【0034】

図13には、上記振動型駆動装置に用いられている振動体1の裏面側から見た斜視図を示している。振動体1は、金属材料の切削加工あるいは粉末焼結などの型成形によって円

環状に製作された弾性体 1 A と、この弾性体 1 A の裏面に貼り付けられた電気-機械エネルギー変換素子としての円環状の圧電素子 2 とから構成されている。電気-機械エネルギー変換素子にはこの他に電歪素子、磁歪素子等がある。

【0035】

弾性体 1 A の軸方向一方（表面）の側には、複数の放射状の溝が軸方向に延びるよう形成されることにより、くし歯状の複数の突起 4 が形成されている。該複数の突起 4 の上面には摩擦材 5 が接着されている。摩擦材としては、PTFE を主体とする複合樹脂材料や、用途に合わせて表面処理を施した金属材料や、アルミナセラミックが用いられる。

【0036】

弾性体 1 A の軸方向他方の側（くし歯状突起が形成されていない側）の面には、圧電素子 2 が接着されており、この圧電素子 2 にはパターン電極 2-1 が蒸着又は印刷によって形成されている。

【0037】

パターン電極 2-1 は、振動体 1 の弾性体 1 A に励起する振動（以下、振動モードともいう）の次数に対応して、次数の 4 倍の数に等分割されており、それぞれの電極には、順に時間位相が 90° ずつ異なる略サイン波形状の交流電圧が供給される。励起する振動モードの固有振動数付近の周波数で交流電圧を供給すると、圧電素子 2 の伸縮により弾性体 1 A に曲げモーメントが加わり、これによって弾性体 1 A が共振振動する。 90° ずつ異なる交流電圧に対してそれぞれ励起される振動は、その合成によって進行波（進行性振動波）となる。

【0038】

次に、上記振動型駆動装置の駆動方法（制御方法）について説明する。図 1 には、振動体の A 相、B 相の振動軌跡を示している。また、図 2 には、パターン電極を介して圧電素子 2 に供給する駆動信号（入力信号）のパターンを示す。さらに、図 3 には、駆動信号波形の記述を示す。

【0039】

図 1 に示した振動軌跡は、A 相、B 相の振動変位を横軸、縦軸として示したものであり、図 2 に示す駆動信号によって振動体 1 に図 1 に示すような振動が励起される。

【0040】

ここで、A（+）、B（+）、A（-）、B（-）の圧電素子 2 に駆動信号を供給する 4 相駆動の場合は、A（+）と A（-）および B（+）と B（-）は逆相になるため、省略して A 相および B 相として示している（以下、他の実施例でも同様である）。

【0041】

図 2 に示した駆動信号（A 相駆動電圧および B 相駆動電圧）は、図 3 に示した駆動角速度 ω を持つ駆動信号を基本波（振幅一定の駆動電圧 V ）として振幅変調（定在波振幅 a ）と位相変調（転回角 α ）を同時にかけたものであり、その結果として図 1 に示すように進行波に定在波成分を生成し、さらに A、B 平面上でその定在波成分が回転するような進行波を形成している。

【0042】

次に、この駆動方法の作用を説明する。通常の振動型駆動装置の駆動方法では、位置的位相を $\pi/2$ として配置された A 相振動および B 相振動は、振幅を等しくし、時間的位相を互いに $\pi/2$ として振動を励起することによって、A、B 平面においては図 1 に破線で示す円軌跡をたどる。この A、B 相の振動は、図 4 6 に示したように、振動体の各部でその振動方向が異なっている。

【0043】

図 4 A から図 4 D は図 1 に示した本実施例の振動形態を振動体 1 の各部の振動を A 相、B 相の成分に分けて示した模式図であり、時間をおって図 4 A、図 4 B、図 4 C そして図 4 D の振動状態へと変化する。実線矢印が A 相の、点線矢印が B 相の振動成分である。

【0044】

図 4 A の状態では、A 相振幅 > B 相振幅であるため、A 相の腹部での振動が最大となり

、次第に楕円振動が回転して、図 4 B の状態では A 相の腹部と B 相の腹部の中間で振動振幅が最大となる。さらに、図 4 C の状態では、B 相の腹部での振動振幅が最大となり、同様に図 4 D の状態を経て、また当初の図 4 A の振動形態に戻る。このように、振幅変調と位相変調とをかけることにより、図 1 に示したように、A 相および B 相振動で構成する定在波成分を回転させるようにしている。

【0045】

この結果、A 相振動と B 相振動の合成により形成される進行波の最大変位が増減し、かつその最大変位が極大となる位置が、振動体 1 上を、該振動体 1 と移動体 6 との相対駆動方向に移動することになる。

【0046】

ここで、図 1 5 は振動型駆動装置を一定の速度で駆動した際の、A、B 各相の振動振幅が等しく、時間的位相を 90° とした通常（従来）の進行波における振動変位の動きを表したものである。図中破線で表したのが各位置での進行波の振動変位の最大値を結んだ包絡線であり、振動変位の最大値が等しいことから、直線状の包絡線となっている。つまり、この進行波の最大変位には、増減もなく、極大値が存在しない。

【0047】

また、図 1 6 は振動型駆動装置を一定の速度で駆動した際の、課題の欄で図 4 6 を用いて説明した従来の低速駆動方法として、B 相の振動振幅を小さくした場合の進行波の振動変位の動きを表したものである。B 相に対応した位置において振幅が減少するため、進行波の最大変位を結んだ包絡線は、図の破線で示すように、A 相位置を最大（極大）とする、進行波波長の半分のピッチの略正弦波形状になる。さらに、B 相の振動振幅を減少させて 0 とすると、B 相に対応する位置の振幅は 0 となり、A 相位置に腹を持つ定在波だけになる。A 相の振動振幅を小さくする場合も同様に、A 相位置に対応した位置の振幅が小さくなり、B 相位置を最大（極大）とする略正弦波上の包絡線となる。

【0048】

このように、従来の駆動方法では、進行波の振動変位の最大値が増減するが、A 相位置または B 相位置という決まった位置でその最大値が極大となるような進行波になる。そして、このように片相の振動振幅を小さくして定在波成分を生じさせると、決まった場所で縦振幅が減少する箇所と横振幅が減少する箇所とが分布して生じる。このため、振動体に移動体を加圧接触させた場合には、接触位置により摩擦状態の不均一を生ずる。この不均一は、摩擦面の摩耗速度に差を生じさせ、摩擦面の平面度の劣化を生じるため、回転むらの増加、適切な接触状態を維持できないことによる異音の発生など、性能の低下の原因になる。

【0049】

さらに、振動振幅の大きい箇所が常に同じ位置に存在するため、移動体と振動子との面圧分布のむらや、移動体の接触部の平面の凹凸によって、移動体の回転と同期して定常的に回転むらが生じ、回転精度を著しく損なうことになる。

【0050】

さらに、A、B 相の時間的位相を 90° から変化させる場合も、A、B 相の中間位置での振幅を増加させることになり、同様の性能低下の原因となる。

【0051】

これらに対し、図 1 4 には、振動型駆動装置を一定の速度で駆動した際の、本実施例の駆動方法により振動体 1 に励起される包絡線のみを示している。この図は、進行波の各位置での振動振幅の最大値を結んだ包絡線の動きを表している。従来の駆動方法では、図 1 6 に示したように、振幅の最大値を結んだ包絡線の極大部の位置が一定であったのに対し、本実施例では、変調周期で決定される速度で振動変位の包絡線が移動していく。すなわち、本実施例では、進行波の振動変位の最大値（最大変位）が増減し、かつその最大変位が極大となる位置が順次若しくは連続的に移動する。

【0052】

なお、駆動信号の振幅変調、位相変調に振動体 1 が応答するには、その変調周波数によ

って生ずる駆動信号の側波帯が振動体 1 を駆動可能な帯域内に入っていればよい。

【0053】

変調により生成された定在波成分には、移動体 6 を駆動する駆動力はなく、移動体 6 を駆動できる駆動振動成分は、A、B 相に含まれる直交成分で与えられる。このため、駆動振動成分は、図 4 A から図 4 D 中に破線で示した楕円の成分でしかなく、駆動速度もこの破線の楕円の大きさによって決定される。

【0054】

本実施例によれば、駆動振動成分よりも大きな振動を生じさせながら、より低速度での駆動が可能となり、さらに進行波の最大変位が極大となる位置が変調周期にしたがって振動体 1 上を連続的に移動するため、移動体 6 との全面接触状態を避けることができ、特定の個所において摩耗が進む現象も避けることができる。

【0055】

さらに、従来の駆動方法では、移動体の加圧面圧むらが生じたり、接触部の平面形状と振動体上での進行波の極大位置との関係による回転むら、トルクむらが生じたりしたが、本実施例によれば、進行波の極大位置を振動体上を移動させることにより、回転むら、トルクむらを振幅位相の変調周期内において平均化することが可能となり、変調周波数以下の回転むら、トルクむらを大幅に低減することができる。

【0056】

このように本実施例では、A 相振動と B 相振動とに独立した振幅変調と位相変調を施して A 相と B 相との合成波である進行波に定在波成分を含ませ、さらに A B 平面上での振動形状を回転させることによって、振動体 1 上に形成した進行波の最大変位の極大位置を順次（連続的に）移動させることができる。したがって、極低速駆動で駆動振動が微小になる条件においても大きな振幅で長期間にわたって安定して駆動することができる。

【実施例 2】

【0057】

図 5 には、本発明の実施例 2 である振動型駆動装置の駆動方法（制御方法）により駆動した場合の振動体 1 の振動軌跡を示す。本実施例の駆動方法は、実施例 1 にて説明した振動型駆動装置に適用されるものである。そして、本実施例でも、実施例 1 と同様に、振動体 1 上に形成した進行波の最大変位の極大位置を順次移動させることができる。

【0058】

図 6 には、本実施例の駆動信号（入力信号）を示す。図 7 には、本実施例の駆動振幅を時間軸で示す。

【0059】

本実施例は、A 相および B 相に、独立した振幅変調のみを施したものである。

【0060】

図 6 に示すように、基本振幅を V として、変調振幅 a の振幅変調を、A 相と B 相とで逆になるようにかけ、駆動周期より長い時間で見るときに、A、B 両相において均等に振幅を増大させている。

【0061】

本実施例の場合は、図 4 A と図 4 C で示した振動形態が得られる。このため、A 相および B 相の腹に相当する部分の振幅が大きくなり、A 相の腹部と B 相の腹部の間の領域では振幅が小さくなるために、振動体 1 と移動体 6 の接触部全域にわたって均等な接触状態は得られない。それゆえ生じる偏摩耗によって回転むらの増大などが生じるおそれはあるが、そのような偏摩擦が A 相、B 相の両相に均等に生じるため、駆動上のアンバランスは生じない。したがって、実施例 1 のような位相変調を併せ用いない簡易的な駆動方法として有効である。

【実施例 3】

【0062】

図 8 には、本発明の実施例 3 である振動型駆動装置の駆動方法（制御方法）により駆動した場合の振動体 1 の振動軌跡を示す。本実施例の駆動方法は、実施例 1 にて説明した振

動型駆動装置に適用されるものである。そして、本実施例でも、実施例 1 と同様に、振動体 1 上に形成した進行波の最大変位の極大位置を順次移動させることができる。

【0063】

図 9 には、本実施例における A、B 両相の振幅変化を示す。

【0064】

本実施例においても、実施例 2 と同様に、A、B 両相の駆動信号に独立した振幅変調のみを施したものであるが、A、B 両相の振幅変調が単一周波数では無い点が異なる。本実施例では、変調によって送り速度の変化が生じ、回転むらが大きくなるというおそれがあるが、実施例 2 と比べてより簡易的な駆動方法として有効である。

【0065】

さらに、図 10 に示すように、振幅変調を階段状または矩形状にしてもよい。

【実施例 4】

【0066】

図 11 には、本発明の実施例 4 である振動型駆動装置の制御装置の構成を示す。

【0067】

この制御装置は、振動型駆動装置（図 12 に示した振動型駆動装置）110 の速度制御を行う制御装置であり、振動型駆動装置 110 に備え付けたエンコーダなどの速度検出器 117 からの速度情報と、外部（例えば、振動型駆動装置 110 を駆動源とする作動装置の主制御回路）から与えられた速度指令値から、それらの偏差に応じて周波数制御回路 112 によって駆動信号の周波数を決定し、さらに同様に、速度偏差に応じて振幅位相変調回路 113 で振幅変調量、位相変調量および振幅変調と位相変調の周期を決定する。

【0068】

各変調パラメータとしては、予め速度に対して最適な変調量（変調幅）および変調周期が不図示のメモリに記憶されており、速度検出器 117 によって検出された速度に応じた変調パラメータが該メモリから読み出され、決定される。例えば、速度域に応じて、高速側では変調なしとし、低速側では速度が小さいほど変調振幅を大きくするなどである。

【0069】

振幅位相変調回路 113 によって決定された位相により周波数制御回路 112 からの出力の一方に位相差を与え、位相差を与えた信号ともう一方の信号をそれぞれ A 相、B 相の駆動波形とする。A 相、B 相に対して独立に設けられた振幅制御回路 115、116 には、同様に振幅位相変調回路 113 で決定された 2 相の振幅値がそれぞれ設定され、各振幅制御回路 115、116 から不図示の増幅回路を介して振動型駆動装置 110 の A 相、B 相圧電素子に駆動信号が供給される。

【0070】

本実施例では、振動型駆動装置 110 の駆動速度に応じて振幅・位相変調の量を決定するため、駆動速度が大きく、振幅が大きい場合には変調量を小さくでき、また、振動型駆動装置 110 の性能劣化に関わるような微小速度においては変調を大きくすることができるため、駆動状況に応じて適切な変調をかけることができる。

【0071】

なお、本実施例では、振動型駆動装置の速度制御のみについて説明したが、振動型駆動装置の位置決め制御でも、同様にして、振動型駆動装置 110 に備え付けた位置検出器によって得られる目標値との偏差から、速度および変調パラメータを決定してもよい。また、複数相での駆動の場合には、上記変調回路を駆動相の数分設ければよい。

【0072】

また、上述した振幅制御回路 115、116 としては、ゲイン可変アンプのようなものを用いてもよく、駆動信号としてパルスを用いてパルス幅制御回路と増幅回路とによって構成してもよい。

【実施例 5】

【0073】

図 11 に示した制御装置は、振動の振幅変調と位相変調を同時に演算できる振幅位相変

調回路 113 を設ける必要があり、制御装置に係る負荷が少くない。そこで、本実施例では、もっと簡易な構成の回路にて、図 11 に示す制御装置と同様の効果を得る制御装置を提供しようとするものである。

【0074】

図 17 には、本発明の実施例 5 である振動型駆動装置の制御装置の構成を示す。

【0075】

本実施例での振動型駆動装置 110 の構成は図 12 に示したものと同様である。図 19 は本実施例における圧電素子 2 に設けられた電極パターンを示し、各電極と後述する第 1、第 2 駆動電圧生成回路との接続状態を示す接続図である。振動型駆動装置 110 に設けられた圧電素子 2 のパターン電極の A (+), B (+), A (-), B (-) に対応する電極をそれぞれ 131, 132, 133, 134 とし、3 個おきの電極毎に同一の駆動信号が供給される。

【0076】

本実施例での制御装置は、振動型駆動装置 110 の速度制御を行う制御装置であり、振動型駆動装置 110 に備え付けたエンコーダなどの速度検出器 117 からの速度情報と、外部（例えば、振動型駆動装置 110 を駆動源とする作動装置の主制御回路）から与えられた速度指令値から、それらの偏差に応じて周波數位相制御回路 121 が駆動信号の周波数および位相を決定する。

【0077】

各制御パラメータとしては、予め速度に対して最適な周波数および位相が不図示のメモリに記憶されており、速度検出器 117 によって検出された速度に応じた制御パラメータが該メモリから読み出され、決定される。

【0078】

周波數位相制御回路 121 によって決定された周波数指令は F1, F2 として、位相指令は P1, P2 としてそれぞれ第 1 駆動電圧生成回路 122 および第 2 駆動電圧生成回路 123 に入力される。また、周波數位相制御回路 121 は第 1 駆動電圧生成回路 122 および第 2 駆動電圧生成回路 123 のそれぞれの駆動 (ON 指令) および停止 (OFF 指令) を制御する ON/OFF 指令を第 1 駆動電圧生成回路 122 および第 2 駆動電圧生成回路 123 に入力する。

【0079】

第 1 駆動電圧生成回路 122 から周波数指令 F1 および位相指令 P1 に応じた駆動信号 $\Phi 11$, $\Phi 12$ が圧電素子 2 の電極 131, 132 に供給され、第 2 駆動電圧生成回路 123 から周波数指令 F2 および位相指令 P2 に応じた駆動信号 $\Phi 21$, $\Phi 22$ が圧電素子 2 の電極 133, 134 に供給される。

【0080】

図 18 に駆動信号 $\Phi 11$, $\Phi 12$, $\Phi 21$, $\Phi 22$ の駆動波形を示す。 $\Phi 12$ は $\Phi 11$ と周波数が等しく、時間的位相が $\Phi 11$ に対して 90 度遅れている。 $\Phi 22$ は $\Phi 21$ と周波数が等しく、時間的位相が $\Phi 21$ に対して 90 度進んでいる。 $\Phi 21$, $\Phi 22$ の周波数は $\Phi 11$, $\Phi 12$ の周波数よりも数百から数千 Hz 高い値に設定されている。駆動信号 $\Phi 21$, $\Phi 22$ の時間的位相のずれは、駆動信号 $\Phi 11$, $\Phi 12$ の時間的位相のずれと逆向きであるため、駆動信号 $\Phi 11$, $\Phi 12$ によって生じる進行性振動波の進行方向と駆動信号 $\Phi 21$, $\Phi 22$ によって生じる進行性振動波の進行方向は逆向きになる。

【0081】

ここで、駆動信号 $\Phi 11$, $\Phi 12$ によって 6 波の進行性振動波が振動体 1 上を時計回りに回転するとすれば、駆動信号 $\Phi 21$, $\Phi 22$ によって $\Phi 11$, $\Phi 12$ による進行波と同じく 6 波の進行性振動波が振動体 1 上を反時計回りに回転する。

【0082】

図 20 は駆動信号 $\Phi 11$, $\Phi 12$ の時間的位相差を 90 度としたときの駆動信号の周波数および移動体 6 の回転速度の特性と、駆動信号 $\Phi 21$, $\Phi 22$ の時間的位相差を 90 度としたときの駆動信号の周波数および移動体 6 の回転速度の特性を示すものである。縦軸

が移動体6の回転速度を示し、横軸が駆動信号 $\Phi 11$, $\Phi 12$, $\Phi 21$, $\Phi 22$ の周波数を示す。本実施例では電極131, 132, 133, 134が等間隔に配置されており、駆動信号 $\Phi 11$, $\Phi 12$, $\Phi 21$, $\Phi 22$ の振幅(電圧)も等しく設定されているため、駆動信号 $\Phi 11$, $\Phi 12$ による進行性振動波と $\Phi 21$, $\Phi 22$ による進行性振動波はほぼ同じ周波数特性を有している。

【0083】

振動型駆動装置110は図20に示すようにその共振周波数 f_r より高い周波数領域で駆動制御され、駆動信号の周波数を共振周波数 f_r に近づけるほど回転速度が高くなる特性を有している。そこで駆動電圧 $\Phi 11$, $\Phi 12$ の周波数 $F1$ を駆動信号 $\Phi 21$, $\Phi 22$ の周波数 $F2$ より低くすると、振動体1上に形成される進行性振動波の振幅は駆動信号 $\Phi 11$, $\Phi 12$ によって形成されたもののほうが大きくなる。従って、駆動信号 $\Phi 11$, $\Phi 12$ によって形成された進行性振動波による回転が駆動信号 $\Phi 21$, $\Phi 22$ によって形成された進行性振動波による回転よりも大きくなり、移動体6の回転方向は駆動信号 $\Phi 11$, $\Phi 12$ によって形成される進行性振動波によって決定される。

【0084】

そこで、本実施例では駆動信号 $\Phi 11$, $\Phi 12$ によって形成された進行性振動波が時計回りに進行するので、移動体6の回転方向はこれと反対方向である反時計回りとなることわかる。なお、公知であるため詳細な説明は省略するが、振動波駆動装置では、移動体は進行性振動波の進行方向と反対方向に進む。このように方向の異なる進行性振動波を合成することで、駆動電圧の振幅を変化させずとも従来よりも低速で振動型駆動装置110を駆動することが可能となる。

【0085】

また、駆動信号 $\Phi 11$, $\Phi 12$ によって形成される進行性振動波の周波数と、駆動信号 $\Phi 21$, $\Phi 22$ によって形成される進行性振動波の周波数が異なるため、これら2つの進行性振動波の合成によって生じる振動変位の最大値(最大変位)が増減し、かつその最大変位が極大となる位置が順次移動することになる。ここで、進行性振動波とは上記例ではリング状の振動体の円周に沿って波が回転(進行)する振動波のことであるが、位相の異なる複数の加振信号の合成によって振動体の一部に楕円振動(円振動)を形成する振動の総称のことである。ここで言う2つの進行性振動波の合成とは異なる周波数の楕円振動の合成(加算)のことである。

【実施例6】

【0086】

実施例5では2つの進行性振動波を合成したが、他の振動周波数や他の振動モードで加振する為に、3つ以上の進行性振動波を合成しても構わない。その際、駆動信号を供給する圧電素子2の電極の数も駆動電圧生成回路の数も同時に生成する進行性振動波の数に応じて増減する必要がある。また、実施例5では2つの逆向きとなる進行性振動波を合成していたが、駆動条件に応じて、具体的には高速駆動が要求される場合には、駆動信号 $\Phi 11$, $\Phi 12$, $\Phi 21$, $\Phi 22$ の時間的位相を順に90度ずらし、周波数を一致させることで、従来と同様の単一の進行性振動波を発生させて振動型駆動装置110を駆動させることができる。

【0087】

図21は、本発明の実施例6であって、1つの進行性振動波を3相の駆動信号にて発生させる場合の進行波型の振動型駆動装置の制御装置の構成を示す。

【0088】

図23は圧電素子2に設けられた電極パターンを示し、各電極と後述する第1, 第2駆動電圧生成回路との接続状態を示す接続図である。圧電素子2には時計回りに電極141, 142, 143, 144, 145, 146が順に繰り返り形成され、5個おきの電極毎に同一の駆動信号が供給される。

【0089】

周波數位相制御回路121によって決定された周波数指令は $F1$, $F2$ として、位相指

令は P 1, P 2 としてそれぞれ第 1 駆動電圧生成回路 1 2 2 および第 2 駆動電圧生成回路 1 2 3 に入力される。また、周波數位相制御回路 1 2 1 は第 1 駆動電圧生成回路 1 2 2 および第 2 駆動電圧生成回路 1 2 3 のそれぞれの駆動および停止を制御する ON/OFF 指令を第 1 駆動電圧生成回路 1 2 2 および第 2 駆動電圧生成回路 1 2 3 に入力する。

【0090】

第 1 駆動電圧生成回路 1 2 2 から周波数指令 F 1 および位相指令 P 1 に応じた駆動信号 $\Phi 11$, $\Phi 12$, $\Phi 13$ が圧電素子 2 の電極 1 4 1, 1 4 2, 1 4 3 に供給され、第 2 駆動電圧生成回路 1 2 3 から周波数指令 F 2 および位相指令 P 2 に応じた駆動信号 $\Phi 21$, $\Phi 22$, $\Phi 23$ が圧電素子 2 の電極 1 4 4, 1 4 5, 1 4 6 に供給される。

【0091】

図 2 2 に示すように、 $\Phi 11$, $\Phi 12$, $\Phi 13$ は周波数が等しく、 $\Phi 12$ は $\Phi 11$ に対して時間的位相が 1 2 0 度遅れ、 $\Phi 13$ は $\Phi 12$ に対して時間的位相が 1 2 0 度遅れている。 $\Phi 21$, $\Phi 22$, $\Phi 23$ は周波数が等しく、 $\Phi 22$ は $\Phi 21$ に対して時間的位相が 1 2 0 度進み、 $\Phi 23$ は $\Phi 22$ に対して時間的位相が 1 2 0 度進んでいる。 $\Phi 21$, $\Phi 22$, $\Phi 23$ の周波数は $\Phi 11$, $\Phi 12$, $\Phi 13$ の周波数よりも数百から数 KHz 高い値に設定されている。駆動信号 $\Phi 11$, $\Phi 12$, $\Phi 13$, $\Phi 21$, $\Phi 22$, $\Phi 23$ を供給することにより、振動体 1 には進行方向の異なる 2 つの 8 波の進行性振動波が形成される。

【0092】

実施例 5 と同様に、駆動信号 $\Phi 11$, $\Phi 12$, $\Phi 13$ によって形成された進行性振動波による回転が駆動信号 $\Phi 21$, $\Phi 22$, $\Phi 23$ によって形成された進行性振動波による回転よりも大きくなり、移動体 6 の回転方向は駆動信号 $\Phi 11$, $\Phi 12$, $\Phi 13$ によって形成される進行性振動波によって決定される。

【実施例 7】

【0093】

上記の実施例 5 および実施例 6 では、複数の進行性振動波を形成するために必要な複数の駆動信号のそれぞれに対して別々に電極を設けた例を示したが、この構成では駆動信号の数が増える分だけそれぞれの電極の面積が小さくなり、進行性振動波の振幅を大きくするためには各電極に供給する電圧を増大させる必要があった。

【0094】

そこで、複数の駆動信号を共通する電極に供給する方法が考えられる。例えば、差動アンプ等で 2 つ以上の周波数指令、位相指令を持つ駆動電圧を生成して共通の電極に供給する方法があげられる。

【0095】

図 2 4 に、上記の構成を実現するための本発明の実施例 7 である振動型駆動装置の制御装置の構成を示す。

【0096】

圧電素子 2 には周方向に沿って電極 1 5 1, 1 5 2 が順に繰り返し形成され、1 個おきの電極毎に同一の駆動信号が供給される。

【0097】

周波數位相制御回路 1 2 1 によって決定された周波数指令は F 1, F 2 として、位相指令は P 1, P 2 としてそれぞれ第 1 駆動電圧生成回路 1 2 2 および第 2 駆動電圧生成回路 1 2 3 に入力される。また、周波數位相制御回路 1 2 1 は第 1 駆動電圧生成回路 1 2 2 および第 2 駆動電圧生成回路 1 2 3 のそれぞれの駆動および停止を制御する ON/OFF 指令を第 1 駆動電圧生成回路 1 2 2 および第 2 駆動電圧生成回路 1 2 3 に入力する。

【0098】

第 1 駆動電圧生成回路 1 2 2 はトランス 1 6 1 およびトランス 1 6 2 の一次側の一端に接続され、第 2 駆動電圧生成回路 1 2 3 はトランス 1 6 1 およびトランス 1 6 2 の一次側の他端に接続されている。

【0099】

第 1 駆動電圧生成回路 1 2 2 から周波数指令 F 1 および位相指令 P 1 に応じた駆動信号

Φ 1 1, Φ 1 2 がトランス 1 6 1, 1 6 2 の一次側の一端に供給され、第 2 駆動電圧生成回路 1 2 3 から周波数指令 F 2 および位相指令 P 2 に応じた駆動信号 Φ 2 1, Φ 2 2 がトランス 1 6 1, 1 6 2 の一次側の他端に供給される。

【0100】

このトランス 1 6 1 およびトランス 1 6 2 は差動増幅アンプを形成している。トランス 1 6 1 およびトランス 1 6 2 のそれぞれの一次側の 2 つの端子に異なる周波数および位相を有する駆動信号が入力され、二次側に加算増幅した振動波が出力される。なお、トランス 1 6 1, 1 6 2 の二次側のインダクタンスは、電極 1 5 1, 1 5 2 に対応する圧電素子の静電容量との間で計算される並列共振周波数が駆動周波数の使用範囲で所定の性能が得られる値となるように調整されている。

【0101】

図 2 5 に、駆動信号 Φ 1 1, Φ 1 2, Φ 2 1, Φ 2 2 の駆動波形、トランス 1 6 1 の二次側の出力電圧 V 1、およびトランス 1 6 2 の二次側の出力電圧 V 2 を示す。

【0102】

駆動信号 Φ 1 1, Φ 1 2, Φ 2 1, Φ 2 2 はパルス信号であり、Φ 1 2 は Φ 1 1 と周波数が等しく、時間的位相が Φ 1 1 に対して 90 度遅れている。Φ 2 2 は Φ 2 1 と周波数が等しく、時間的位相が Φ 2 1 に対して 90 度進んでいる。Φ 2 1, Φ 2 2 の周波数は Φ 1 1, Φ 1 2 の周波数よりも数百から数 K H z 高い値に設定されている。

【0103】

これらの信号をトランス 1 6 1, 1 6 2 の一次側に入力すると、トランス 1 6 1, 1 6 2 の二次側には A M 変調された電圧 V 1, V 2 が出力される。このトランス 1 6 1, 1 6 2 の出力電圧 V 1, V 2 を電極 1 5 1, 1 5 2 に供給することで、振動体 1 の表面には実施例 5 と同様に、振動変位の最大値（最大変位）が増減し、かつその最大変位が極大となる位置が順次移動する進行性振動波が形成される。このように、差動アンプ等で 2 つ以上の周波数指令、位相指令を持つ駆動電圧を生成して共通の電極に供給することによって、実施例 5 あるいは実施例 6 に示した構成よりも低い電圧で振動波駆動装置 1 1 0 を低速駆動させることが可能となる。

【0104】

図 2 6 に図 2 4 の制御装置の変形例を示す。これはトランス 1 6 1, 1 6 2 の代わりにインダクタ素子 1 7 1, 1 7 2, 1 7 3, 1 7 4 を用いた制御装置である。インダクタ素子 1 7 1, 1 7 2, 1 7 3, 1 7 4 は、それらのインダクタンスと電極 1 5 1, 1 5 2 に対応する圧電素子の静電容量との間で計算される並列共振周波数が所定の関係となるように設定されている。駆動信号 Φ 1 1, Φ 1 2 と接続されるインダクタ素子 1 7 1, 1 7 2 と、駆動信号 Φ 2 1, Φ 2 2 に接続されるインダクタ素子 1 7 3, 1 7 4 のインダクタ値は異なっても構わない。

【0105】

なお、本実施例では、周波數位相制御回路 1 2 1 から O F F 指令が出力された場合は、第 1 駆動電圧生成回路 1 2 2 および第 2 駆動電圧生成回路 1 2 3 の出力の双方あるいは一方をフローティング状態にするか、双方を同電位とする必要がある。

【0106】

図 2 7 は、図 2 6 に示す制御装置の変形例であって、圧電素子 2 の両面に形成された電極に異なる周波数の駆動信号を供給する構成としたものである。インダクタ素子 1 7 1, 1 7 3 の出力信号を一方の圧電素子の両面に形成された電極 1 5 1 a, 1 5 1 b に接続し、インダクタ素子 1 7 2, 1 7 4 を他方の圧電素子の両面に形成された電極 1 5 2 a, 1 5 2 b に接続している。振動型駆動装置 1 1 0 の制御方法は、図 2 6 に示す制御装置と同様である。振動型駆動装置 1 1 0 を素早く停止させようとする場合は、振動体 1 の振動を素早く抑制するために、周波數位相制御回路 1 2 1 から O F F 指令が入力された際の出力電圧のままで停止させる必要がある。

【実施例 8】

【0107】

次に、図 24 に示す制御装置を例にあげて、周波數位相制御回路 121 が行う具体的な制御方法をフローチャートを用いて説明する。

【0108】

進行方向が逆である 2 つの進行性振動波を同時に振動体 1 上に形成することは、一方の進行性振動波のみを振動体 1 上に形成する場合よりも駆動効率が落ちる懸念がある。しかしながら、従来の単一の進行性振動波によって低速駆動を実現した場合は、図 45 に示すように振動体 1 の振動振幅が小さいために移動体 6 と振動体 1 との接触領域が増大し、振動体 1 と移動体 6 の間の滑り摩擦によって振動体 1 の負荷が増大して、やはり効率が低下してしまう。

【0109】

そこで振動型駆動装置 110 の低速駆動時には 2 つの進行性振動波を逆方向に進行させ、高速駆動時には 2 つの進行性振動波を 1 つに統合することが考えられる。実際の速度、指令速度、振動体の振動振幅、駆動信号の周波数等をパラメータとして、これらが所定の値をよぎるポイントを境にして、あるいはこの境界近傍において 2 つの進行波を 1 つに統合する何らかの手段が必要となる。例えばこの境界をよぎる際に、一方の駆動電圧生成回路の出力を他方と同じ波形に切り替えることが考えられる。

【0110】

図 28 には、本発明の実施例 8 である振動型駆動装置の制御装置のフローチャートを示す。

【0111】

振動型駆動装置 110 の駆動を開始すると、ステップ S101 にて第 1 駆動電圧生成回路 122 および第 2 駆動電圧生成回路 123 を駆動させるため ON 指令を出力し、位相指令 P1 を 90 度、位相指令 P2 を -90 度に設定する。ここで、位相指令 P1 は $\Phi 11$ に対する $\Phi 12$ の時間的位相のずれを、位相指令 P2 は $\Phi 21$ に対する $\Phi 22$ の時間的位相のずれを設定しており、この場合は駆動信号 $\Phi 12$ が $\Phi 11$ よりも時間的位相で 90 度遅れ、駆動信号 $\Phi 22$ が $\Phi 21$ よりも 90 度進んでいることになる。

【0112】

次にステップ S102 にて外部から与えられた速度指令値 V_s を読み出し、現在の移動体 6 の速度情報 V_r を検出する。

【0113】

次にステップ S103 にて速度指令値 V_s が 0 であるかを確認し、0 でなければステップ S104 に進み、0 であればステップ S111 に進む。

【0114】

ステップ S104 にて速度指令値 V_s を所定速度 V_0 と比較する。速度指令値 V_s が所定速度 V_0 以下であればステップ S105 へ進み、速度指令値 V_s が所定速度 V_0 より大きければステップ S106 へと進む。

【0115】

ステップ S105 にて ON 指令を出力して第 2 駆動電圧生成回路 123 を駆動させ、ステップ S107 に進む。このステップでは速度指令値 V_s が所定速度 V_0 以下であり、2 つの進行方向の異なる進行性振動波を発生させて低速駆動を行わせるため、第 1 駆動電圧生成回路 122 と第 2 駆動電圧生成回路 123 を駆動させる。すでに第 2 駆動電圧生成回路 123 が駆動状態であればこのステップはとばされる。

【0116】

ステップ S106 にて OFF 指令を出力して、第 2 駆動電圧生成回路 123 の出力をグラウンドにショートさせ、ステップ S107 に進む。第 2 駆動電圧生成回路 123 の出力をグラウンドにショートさせることで第 1 駆動電圧生成回路 122 の出力電圧によってのみ形成された周波電圧が電極 151, 152 に供給されることになる。このステップでは速度指令値 V_s が所定速度 V_0 よりも大きく、単一の進行性振動波のみを発生させて高速駆動を行わせるため、第 1 駆動電圧生成回路 122 のみを駆動させる。すでに第 2 駆動電圧生成回路 123 の出力がグラウンドにショートさせた状態であればこのステップはとばされる。

【0117】

ステップS107にて速度指令値 V_s と速度情報 V_r を比較する。 V_s が V_r より大きければステップS108に進み、 V_s が V_r 以下であればステップS109に進む。

【0118】

ステップS108にて移動体6の移動速度を増大させるため周波数指令 F_1 、 F_2 を所定周波数 F_d だけ下げ、ステップS102に進む。

【0119】

ステップS109にて速度指令値 V_s と速度情報 V_r が等しければ周波数指令 F_1 、 F_2 を維持してステップS102に進み、等しくなければステップS110に進む。

【0120】

ステップS110にて移動体6の移動速度を減少させるため周波数指令 F_1 、 F_2 を所定周波数 F_d だけ上げ、ステップS102に進む。

【0121】

速度指令値 V_s が0となるまでステップS102からステップS108、ステップS109、あるいはステップS110を繰り返し、速度指令値 V_s が0になるとステップS103よりステップS111に進む。

ステップS111では第1駆動電圧生成回路122、第2駆動電圧生成回路123にOFF指令を出力するとともに、周波数指令 F_1 、 F_2 および位相指令 P_1 、 P_2 の設定を解除する。

【0122】

なお、本実施例ではステップS104からステップS106にて速度指令値 V_s の値に応じて第2駆動電圧生成回路123のON/OFFを切り換えたが、速度指令値 V_s の代わりに速度情報 V_r の値に応じて第2駆動電圧生成回路123のON/OFFを切り換える構成としても構わない。また、速度指令値 V_s と速度情報 V_r の比較結果に応じて設定された周波数指令 F_1 、 F_2 の値に応じて第2駆動電圧生成回路123のON/OFFを切替える構成としても構わない。

【実施例9】

【0123】

上記の実施例8では2つの進行性振動波の一方の振幅を0にするために、第2駆動電圧生成回路123の出力をグラウンドにショートしたが、駆動信号 Φ_{11} と Φ_{12} の関係はそのままとして、駆動信号 Φ_{11} と Φ_{21} を同位相、駆動信号 Φ_{12} と Φ_{22} を同位相として同方向に進行する2つの進行性振動波を合成したり、あるいは、駆動信号 Φ_{11} と Φ_{12} の関係はそのままとして、駆動信号 Φ_{11} と Φ_{21} を逆位相、駆動信号 Φ_{12} と Φ_{22} を逆位相として単一の進行性振動波を発生させるほうが良い場合もある。

【0124】

また、2つの進行性振動波の一方の振幅を0にするために、第2駆動電圧生成回路123の出力をグラウンドにショートすると、移動体6を反対方向に駆動しようとする進行性振動波の振幅が急激に変化するため、移動体6に衝撃を与えてしまう可能性がある。

【0125】

そこで、第2駆動電圧生成回路123の出力を徐々に小さくする制御が必要となる。単純な方法としては、第2駆動電圧生成回路123の出力電圧の振幅を徐々に小さくしてグラウンドにショートすることが考えられる。あるいは第2駆動電圧生成回路123の出力電圧の振幅を、速度検出器117の出力や速度指令値あるいは駆動信号の周波数等の関数とし、所定の速度よりも高速側では信号振幅が小さくなるよう不図示の設定手段によって設定することが考えられる。

【0126】

図29Aに速度指令と出力電圧の振幅の関係を、図29Bに周波数指令と出力電圧の振幅の関係を示す。図29Aは第2駆動電圧生成回路123の出力電圧の振幅PWが速度指令によって変化する例、図29Bは第2駆動電圧生成回路123の出力電圧の振幅PWと

駆動信号の周波数指令 F 2 の関係を示す図である。

【0127】

図 30 に周波数指令と位相指令の関係を示す。図 30 では、周波數位相制御回路 121 が決定した周波数指令 F 1 の値が移動体 6 を所定速度 V 0 以下で駆動する f 0 以上である場合は位相指令 P 2 を -90 度とし、周波數位相制御回路 121 が決定した周波数指令 F 1 の値が移動体 6 を所定速度 V 1 以上で駆動する f 1 以下である場合は位相指令 P 2 を 90 度とし、周波数指令 F 1 の値が f 0 から f 1 に変化する間は周波数指令の変化に従って位相指令が -90 度から 90 度へと変化している。図 31 に図 30 に示す特性を用いた振動型駆動装置の制御のフローチャートを示す。

【0128】

振動型駆動装置 110 の駆動を開始すると、ステップ S 201 にて第 1 駆動電圧生成回路 122 および第 2 駆動電圧生成回路 123 を駆動させるため ON 指令を出力し、位相指令 P 1 を 90 度、位相指令 P 2 を -90 度に設定する。ここで、位相指令 P 1 は $\Phi 11$ に対する $\Phi 12$ の時間的位相のずれを、位相指令 P 2 は $\Phi 21$ に対する $\Phi 22$ の時間的位相のずれを設定しており、この場合は駆動信号 $\Phi 12$ が $\Phi 11$ よりも時間的位相で 90 度遅れ、駆動信号 $\Phi 22$ が $\Phi 21$ よりも 90 度進んでいることになる。また、周波数指令 F 1、F 2 を予めメモリ等に記憶されている別々の初期周波数に設定する。

【0129】

次にステップ S 202 にて外部から与えられた速度指令値 V s を読み出し、現在の移動体 6 の速度情報 V r を検出する。

【0130】

次にステップ S 203 にて速度指令値 V s が 0 であるかを確認し、0 でなければステップ S 204 に進み、0 であればステップ S 209 に進む。

【0131】

ステップ S 204 にて速度指令値 V s と速度情報 V r を比較する。V s が V r より大きければステップ S 205 に進み、V s が V r 以下であればステップ S 206 に進む。

【0132】

ステップ S 205 にて移動体 6 の移動速度を増大させるため周波数指令 F 1、F 2 を所定周波数 F d だけ下げ、ステップ S 208 に進む。

【0133】

ステップ S 206 にて速度指令値 V s と速度情報 V r が等しければ周波数指令 F 1、F 2 を維持してステップ S 208 に進み、等しくなければステップ S 207 に進む。

【0134】

ステップ S 207 にて移動体 6 の移動速度を減少させるため周波数指令 F 1、F 2 を所定周波数 F d だけ上げ、ステップ S 208 に進む。

【0135】

ステップ S 208 では周波数指令 F 1 に対応する位相指令 P 2 を関数 G を用いて求め、周波数指令 F 1、F 2、P 1、および P 2 を出力し、ステップ S 202 に進む。関数 G は図 30 に示す値であり、数式でもデータテーブルによるものでも良い。

【0136】

速度指令値 V s が 0 となるまでステップ S 202 からステップ S 208 を繰り返し、速度指令値 V s が 0 になるとステップ S 203 よりステップ S 209 に進む。

【0137】

ステップ S 209 では第 1 駆動電圧生成回路 122、第 2 駆動電圧生成回路 123 に OFF 指令を出力するとともに、周波数指令 F 1、F 2 および位相指令 P 1、P 2 の設定を解除する。

【0138】

この制御方法によれば、速度指令が所定速度に対して高速の場合には第 1 駆動電圧生成回路 122 と第 2 駆動電圧生成回路 123 の出力信号の位相差が同方向となり、効率低下を抑え、所定速度より遅い場合には第 1 駆動電圧生成回路 122 と第 2 駆動電圧生成回路

123の出力信号の位相差が逆方向となり、低速でも安定に駆動できるようになる。なお、上記実施例では駆動波形の加算処理を差動増幅回路等で行っているが、デジタル的に波形データを加算処理してD/A変換回路でアナログ電圧にしてから増幅して圧電素子に供給する方法であっても構わない。また、増幅回路として公知のD級増幅器を用いても良い。ただし、D級増幅器のスイッチング周期は最低でも複数の進行性振動波の周波数の最も高い周波数の周期に対して10分の1程度の周期は必要であると考えられる。

【実施例10】

【0139】

図32には、本発明の実施例10である振動型駆動装置の制御装置を示す。

【0140】

本実施例での振動型駆動装置の構成は図12に示したものと同様である。振動型駆動装置110に設けられた圧電素子2には、周方向にA(+), B(+), A(-), B(-)の順に電極が配置された電極パターンが形成されており、周波數位相制御回路121の周波数指令F1および位相指令P1に従って駆動電圧生成回路124がこれらの電極に駆動信号を供給する。

【0141】

図33には、本実施例におけるA相およびB相の駆動信号の波形を示す。図中、実線で示した波形がA相の駆動信号の波形、破線で示した波形がB相の駆動信号の波形であり、状態1と状態2を交互に繰り返す波形となっている。状態1とは、A相の駆動信号の時間的位相をB相の駆動信号よりも90度進め、両者の周波数をともにf1とし、t1の時間だけ継続するものである。状態2とは、A相の駆動信号の時間的位相をB相の駆動信号よりも90度遅らせ、両者の周波数をともにf2とし、t2の時間だけ継続するものである。周波数f1, f2は振動子の共振周波数f_rよりも高く、さらにf1 ≤ f2の関係にある。

【0142】

また、状態1および状態2は、それぞれが断続的に繰り返されているが、断続的に出力される状態1の駆動信号の位相は一致しており、状態2についても同様である。状態1では移動体6を反時計方向に回転させる進行性振動波を発生させる周波数f1の駆動信号が圧電素子2に供給され、状態2では移動体6を時計方向に回転させる進行性振動波を発生させる周波数f2の駆動信号が圧電素子2に供給される。

【0143】

図34Aに状態1のみの駆動信号の波形を、図34Bにそれによる振動体の振動変位を示す。状態1の継続時間であるt1、および状態2の継続時間であるt2は、それぞれ他方の時間で加振されて発生した振動波の減衰振動が消滅しない値に設定される。こうすることによって、図34Bに示すように、t1の間は周波数f1の強制振動となり、t2の間はt1で発生した強制振動が共振周波数f_rの減衰振動となり、この減衰振動が消滅する前に再び周波数f1の強制振動となる。

【0144】

図35Aに状態2のみの駆動信号の波形を、図35Bにそれによる振動体の振動変位を示す。状態1の場合と同様に、図35Bに示すように、t2の間は周波数f2の強制振動となり、t1の間はt2で発生した強制振動が共振周波数f_rの減衰振動となり、この減衰振動が消滅する前に再び周波数f2の強制振動となる。

【0145】

駆動信号を交互に状態1, 状態2とした場合の振動体の応答振幅を図36および図37に示す。図中、黒丸が状態1, 状態2のそれぞれ場合の応答振幅を示す。

【0146】

図36はt1区間(状態1)の振動体の応答振幅であり、周波数f1のA相, B相の駆動信号による強制振動と、周波数f2のA相, B相の駆動信号による強制振動から減衰した周波数f_rの減衰振動が重畳されたものとなる。

【0147】

図37は t_2 区間(状態2)の振動体の応答振幅であり、周波数 f_2 のA相、B相の駆動信号による強制振動と、周波数 f_1 のA相、B相の駆動信号による強制振動から減衰した周波数 f_r の減衰振動が重畳されたものとなる。

【0148】

本実施例では、振動子の共振周波数 f_r に対して、 $f_r < f_1 < f_2$ の関係になるように各周波数を設定しているため、図36および図37に示したように、状態1のときは周波数 f_1 による強制振動の応答振幅が、周波数2による強制振動後の減衰振動の応答振幅よりも大きくなり、状態2のときは周波数 f_1 による強制振動後の減衰振動の応答振幅が、周波数2による強制振動の応答振幅よりも大きくなる。よって、状態1でも状態2でも移動体6は反時計方向に回転される。

【0149】

図38には状態1と状態2を交互に繰り返した場合の振動体の振動変位を示す。A相の駆動信号およびB相の駆動信号の加振による応答振幅は、図のように $1/(f_2 - f_r)$ および $1/(f_1 - f_r)$ の周期で振幅および位相に変調がかかった変調波形となる。

【0150】

図39は、図38に示した変調波形となった振動波の振動軌跡であり、A相、B相の振動変位を横軸、縦軸としたAB平面上で示したものである。本実施例によれば、図1と同様の振動軌跡を得ることができる。

【実施例11】

【0151】

図40には、本発明の実施例11である振動型駆動装置の制御装置における駆動信号の周波数と振動体の応答振幅の関係を示す。

【0152】

本実施例は、交互に加振する状態1および状態2の駆動信号の周波数の差 Δf は保持したまま、駆動信号の周波数を増減させて移動体の駆動速度を変化させるものである。

【0153】

図中 f_1 と f_2 および、 f_1' と f_2' はそれぞれ高速駆動側、低速駆動側における駆動信号の周波数を示しており、周波数が共振周波数から離れて高くなるほど、振動体の応答振幅が低下するとともに、状態1のときの振動体の応答振幅と状態2のときの振動体の応答振幅の差が減少する。

【0154】

合成される2つの振動の応答振幅の差が小さいほど、A相、B相の駆動信号の応答振幅によって形成される楕円軌跡の短軸振幅が減少するため、接触部の振幅を大きく低下させることなく、接触面における駆動速度を下げるができる。本実施例の駆動方法は、振動子と移動体が全面で接触するような低速駆動時に有効であり、通常の駆動速度では単一の進行性振動波で駆動し、低速駆動時に本実施例に示した駆動に切り替えるとよい。

【実施例12】

【0155】

図41には、本発明の実施例12である振動型駆動装置の制御装置における駆動信号の周波数と振動体の応答振幅の関係を示す。

【0156】

本実施例は、状態1のA相、B相の駆動信号の周波数 f_1 を固定とし、状態2のA相、B相の駆動信号の周波数 f_2 を可変として駆動速度を変化させるものである。

【0157】

状態2でのA相、B相の駆動信号の周波数を f_2 よりも低い f_2' として、状態2による強制振動および減衰振動の応答振幅を増加させることによって、移動体6の送り速度を低下させることができる。さらに f_2 を f_1 と一致させることによってAB平面上での軌跡は線状となって送り速度0となり、 f_2 を f_1 より小さい値とすることで反転動作を行うことも可能である。

【実施例13】

【0158】

図42には、実施例13におけるA相およびB相の駆動信号の波形を示す。

【0159】

本実施例では、周波数位相制御回路に代えて周波数時間制御回路を設け、状態1および状態2の継続時間である t_1 および t_2 の比を変化させることによって速度を可変とするものである。

【0160】

状態1の継続時間 t_1 を状態2の継続時間 t_2 よりも長くすることによって、周波数 f_1 の強制振動の振動エネルギーを十分に大きくすることができる。さらに、 t_2 の期間が t_1 の期間に対して相対的に短くなるため、状態2での周波数 f_1 の強制振動後の減衰振動の減衰量が小さいうちに次の強制振動に切り替わることから、状態1の強制振動振幅、および状態1の減衰振動振幅を大きくして振動体の移動体との接触面に形成される楕円軌跡の短軸を大きくし、駆動速度を上げることができる。

【0161】

このように振動型駆動装置110の駆動速度に応じて状態1の継続時間 t_1 と状態2の継続時間 t_2 を操作することによって駆動速度を変化させることができる。 t_2 を減じて0まで変化させることで、低速駆動から単一の進行性振動波による駆動へと連続的に変化させることができるため、振動体と移動体が全面接触となる低速駆動時から、振動体と移動体が一部で接触する通常速度までの幅広いレンジにおける速度変更が可能となる。また、 t_2 を t_1 より大きくとり、周波数 f_2 を f_1 よりも大きく設定することで反転動作も可能となる。

【実施例14】

【0162】

図43Aは実施例14におけるモニター回路の出力波形を示し、図43Bは実施例14における駆動信号波形を示す。

【0163】

状態1での強制振動を停止した後に減衰振動として振動している t_2 の間は、振動子および移動子の自由振動の周期となるため、次に供給する状態1との間の位相が変化する。状態1での強制振動の応答位相に対して、減衰振動と次の状態1の位相が外れてくるため、効率的な加振にならない。そこで本実施例では、振動体の振動変位または歪をモニターする回路を設け、駆動信号の供給開始時に減衰振動に対して所定の位相で加振するように加振位相を可変としたものである。図43AのSa、Sbはモニター回路から得られた信号であり、次の状態1の開始時に、強制振動時の振動変位の位相、あるいは予め決められた所定の位相になるように駆動信号の位相を合わせることによって、強制振動の開始時に加振力が効率良く働くようにしている。

【0164】

なお、上記の複数の実施例で説明した制御装置の構成は例にすぎず、振動体1上に形成した進行波の最大変位の極大位置を順次移動させるように駆動信号を制御するものであれば、どのような構成であってもよい。

【0165】

また、上記の複数の実施例では、ハードウェアによって駆動信号の制御を行う場合について説明したが、同様な制御をコンピュータプログラムによって行うことも可能である。このプログラムを記憶した情報処理装置によって読み取り可能な記憶媒体にも本発明を適用することが可能である。

【0166】

また、上記各実施例では、円環型の振動型駆動装置の制御について説明したが、本発明は、振動体に、同形状（もしくは同種類）で時間的位相の異なる複数の振動を励起し、その合成により進行性振動を励起するタイプの振動型駆動装置であれば、いずれの形態のものにも適用することができる。

【図面の簡単な説明】

【0167】

【図1】本発明の実施例1である制御装置により制御された振動型駆動装置における振動体の振動軌跡を示す図。

【図2】図2は実施例1における駆動信号波形を示す図。

【図3】実施例1における駆動信号波形の式を示す図。

【図4A】実施例1における振動体の振動を示す模式図。

【図4B】実施例1における振動体の振動を示す模式図。

【図4C】実施例1における振動体の振動を示す模式図。

【図4D】実施例1における振動体の振動を示す模式図。

【図5】本発明の実施例2である制御装置により制御された振動型駆動装置における振動体の振動軌跡を示す図。

【図6】実施例2における駆動信号波形の式を示す図。

【図7】実施例2における駆動振幅を示すチャート図。

【図8】本発明の実施例3である制御装置により制御された振動型駆動装置における振動体の振動軌跡を示す図。

【図9】実施例3における駆動振幅を示すチャート図。

【図10】実施例3における駆動振幅を示すチャート図。

【図11】本発明の実施例4である制御装置の構成を示すブロック図。

【図12】各実施例の進行波型の振動型駆動装置の構成を示す断面図。

【図13】上記振動型駆動装置に用いられる振動体の斜視図。

【図14】実施例1の制御装置により励起される進行波の振動変位の包絡線の動きを表した図。

【図15】従来の制御方法により励起される進行波の振動変位の動きを表した図。

【図16】従来の制御方法により励起される進行波の振動変位の動きを表した図。

【図17】本発明の実施例5である制御装置の構成を示すブロック図。

【図18】実施例5における駆動信号波形を示す図。

【図19】実施例5における圧電素子の電極パターンおよび電極配線を示す図。

【図20】振動型駆動装置の周波数-速度特性を示す図。

【図21】本発明の実施例6である制御装置の構成を示すブロック図。

【図22】実施例6における駆動信号波形を示す図。

【図23】実施例6における圧電素子の電極パターンおよび電極配線を示す図。

【図24】本発明の実施例7である制御装置の構成を示すブロック図。

【図25】実施例7における駆動信号波形およびトランス二次側の出力信号波形を示す図。

【図26】図24に示す制御装置の変形例の構成を示すブロック図

【図27】図24に示す制御装置の別の変形例の構成を示すブロック図

【図28】本発明の実施例8である制御フローチャートを示す図。

【図29A】実施例9における速度指令と一方の駆動電圧生成回路の電圧振幅の特性を示す図。

【図29B】実施例9における周波数指令と一方の駆動電圧生成回路の電圧振幅の特性を示す図。

【図30】実施例9における周波数指令と一方の駆動電圧生成回路の位相指令の特性を示す図。

【図31】実施例9である制御フローチャートを示す図。

【図32】本発明の実施例10である制御装置の構成を示すブロック図

【図33】実施例10における駆動信号波形を示す図。

【図34A】実施例10における状態1のみの駆動信号波形を示す図。

【図34B】実施例10における状態1のみの応答振幅を示す図。

【図35A】実施例10における状態2のみの駆動信号波形を示す図。

【図35B】実施例10における状態2のみの応答振幅を示す図。

【図 3 6】実施例 1 0 における状態 1 の強制振動および減衰振動の応答振幅を示す図

。【図 3 7】実施例 1 0 における状態 2 の強制振動および減衰振動の応答振幅を示す図

。【図 3 8】実施例 1 0 における応答振幅を示す図。

【図 3 9】実施例 1 0 である制御装置により制御された振動型駆動装置における振動体の振動軌跡を示す図。

【図 4 0】実施例 1 1 における状態 1 の強制振動および減衰振動の応答振幅を示す図

。【図 4 1】実施例 1 2 における状態 1 の強制振動および減衰振動の応答振幅を示す図

。【図 4 2】実施例 1 3 における駆動信号波形を示す図。

【図 4 3 A】実施例 1 4 におけるモニター回路の出力波形を示す図。

【図 4 3 B】実施例 1 4 における駆動信号波形を示す図。

【図 4 4】従来の振動型駆動装置の駆動回路の構成を示す図。

【図 4 5 A】従来の進行波型の振動型駆動装置における振動体と移動体の接触状態および駆動状態を示す展開図。

【図 4 5 B】従来の進行波型の振動型駆動装置における振動体と移動体の接触状態および駆動状態を示す展開図。

【図 4 6】従来の振動型駆動装置における振動体の振動を示す模式図。

【符号の説明】

【0 1 6 8】

1 振動体

1 A 弾性体

2 圧電素子

4 くし歯状突起

5 摩擦材

6 移動体

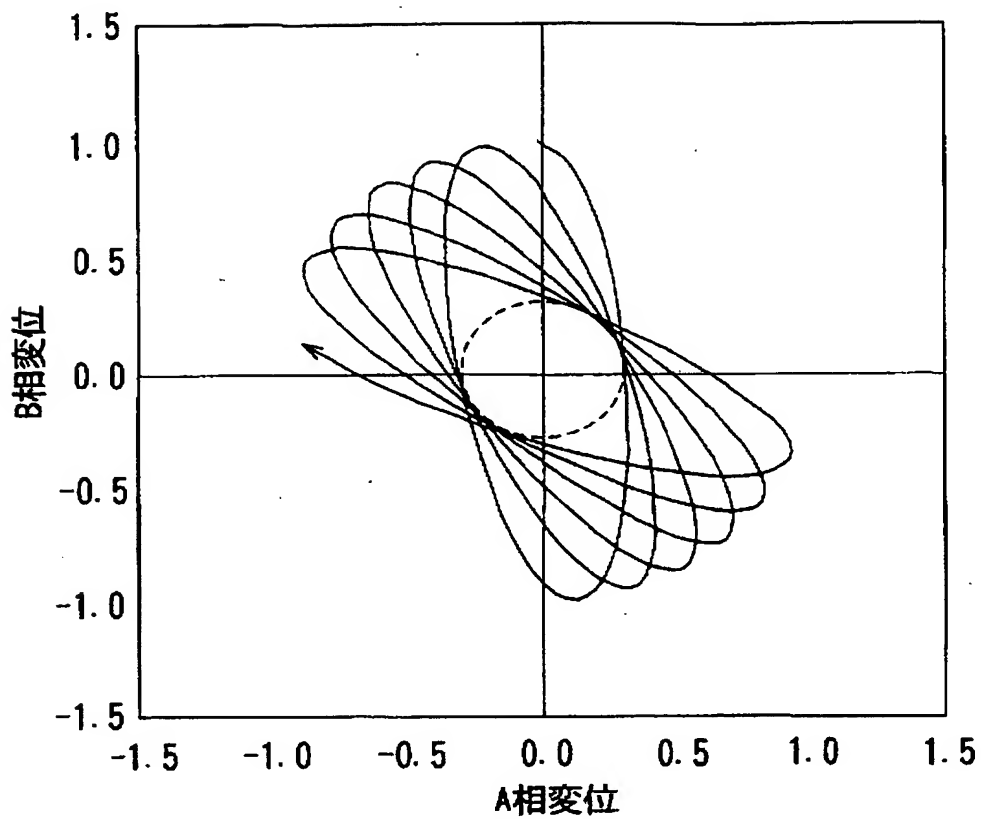
8 加圧バネ

9 ディスク

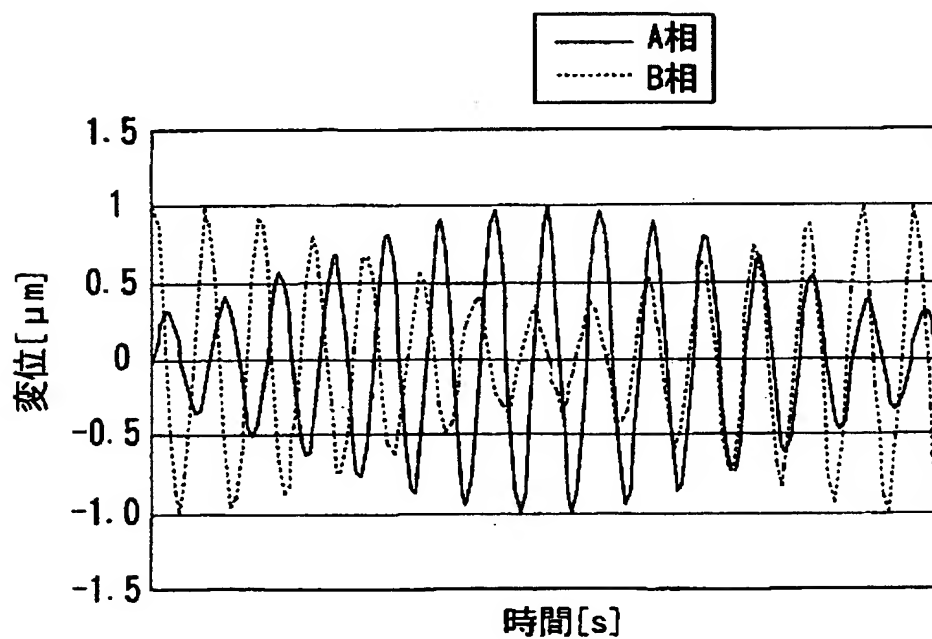
1 0 ハウジング

【書類名】図面

【図 1】



【図 2】



【図 3】

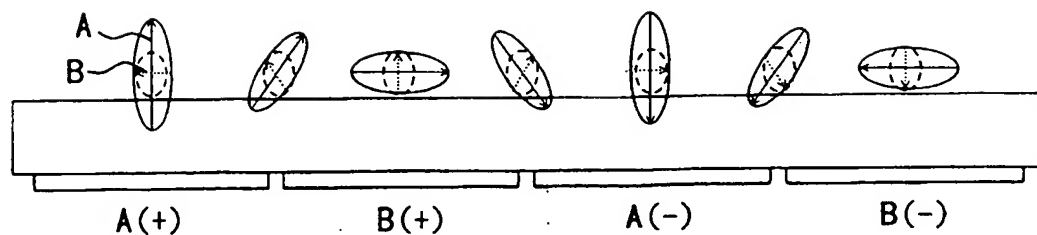
$$A=(V+a)\cos\alpha\cos\omega t-V\sin\alpha\sin\omega t$$

$$B=(V+a)\sin\alpha\cos\omega t+V\cos\alpha\sin\omega t$$

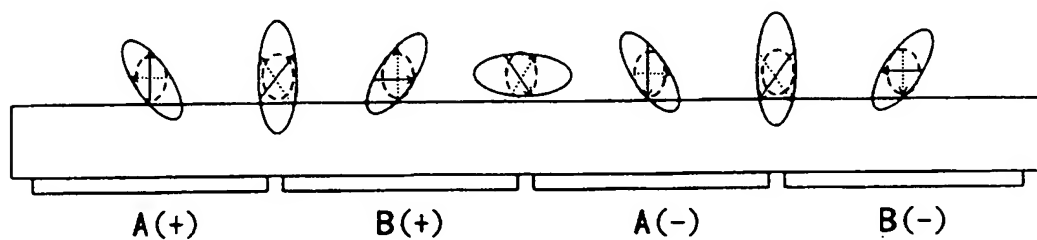
A:A相駆動電圧、B:B相駆動電圧、V:駆動電圧(基本振幅)

a:定在波振幅、 α :転回角、 ω :駆動角速度

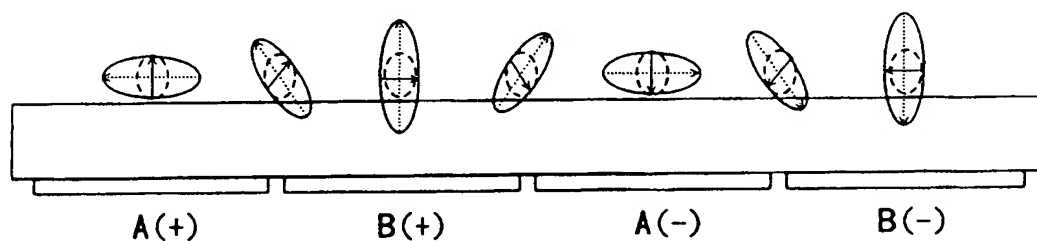
【図 4 A】



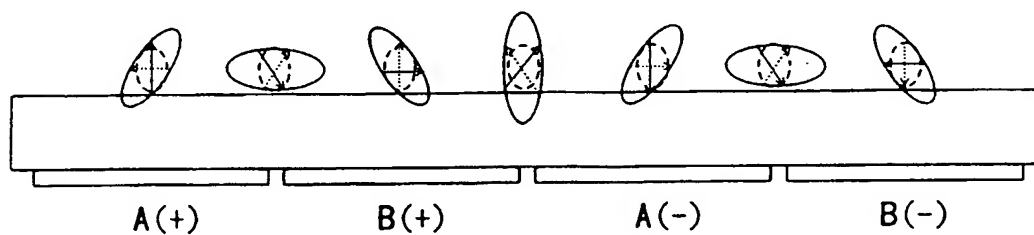
【図 4 B】



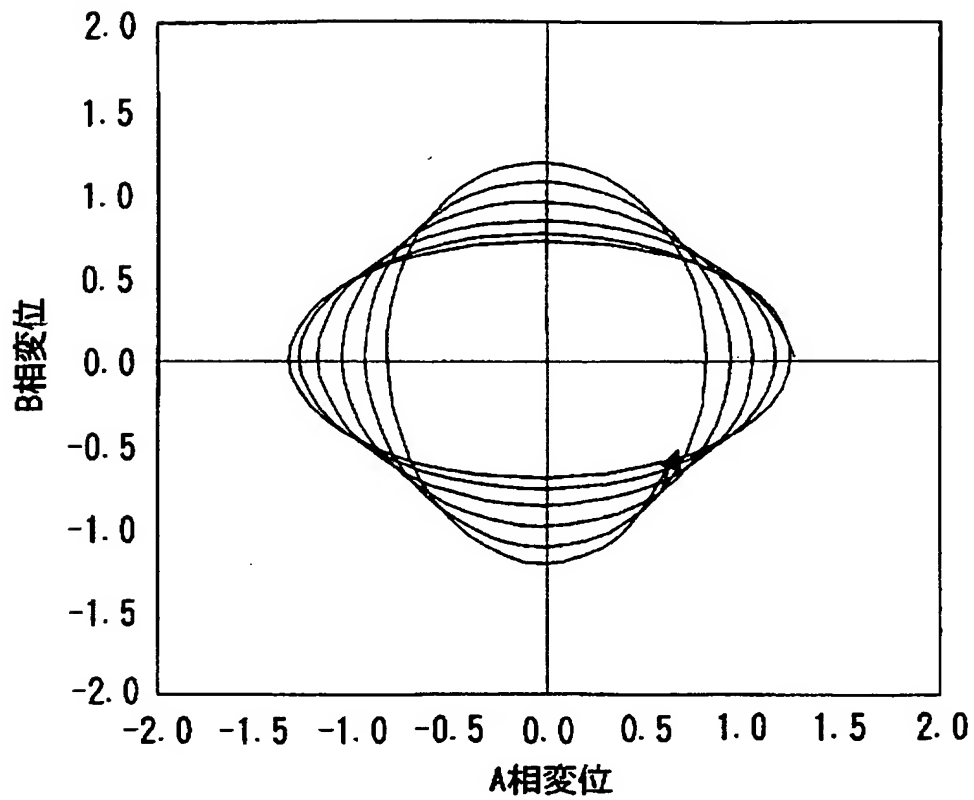
【図 4 C】



【図 4 D】



【図 5】



【図 6】

$$A = (V + a \cos \phi) \cos \omega t$$

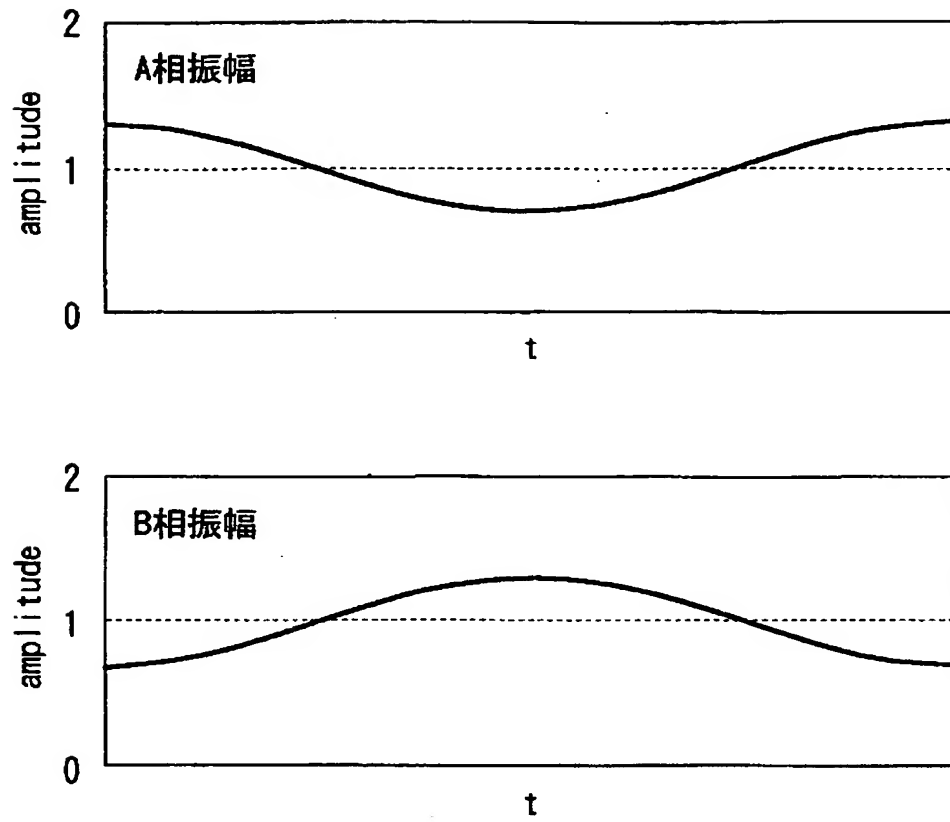
$$B = (V + a \cos \phi) \sin \omega t$$

A: A相駆動電圧、B: B相駆動電圧

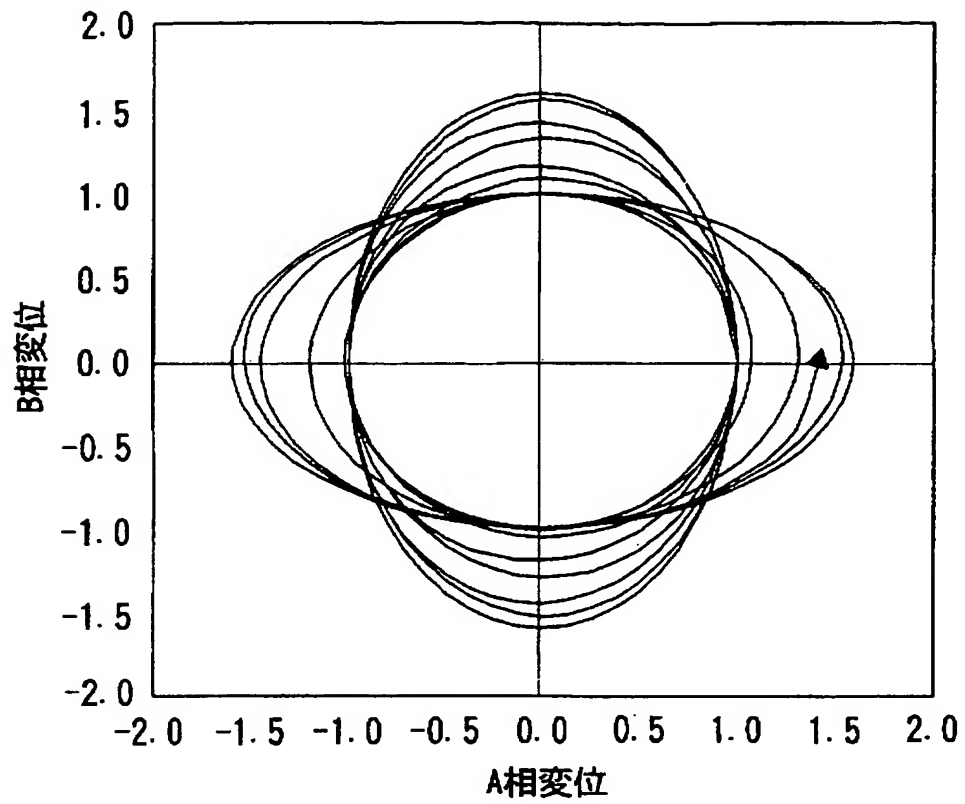
a: 変調振幅、 ϕ : 変調位相、 ω : 駆動角速度

V: 駆動電圧(基本振幅)

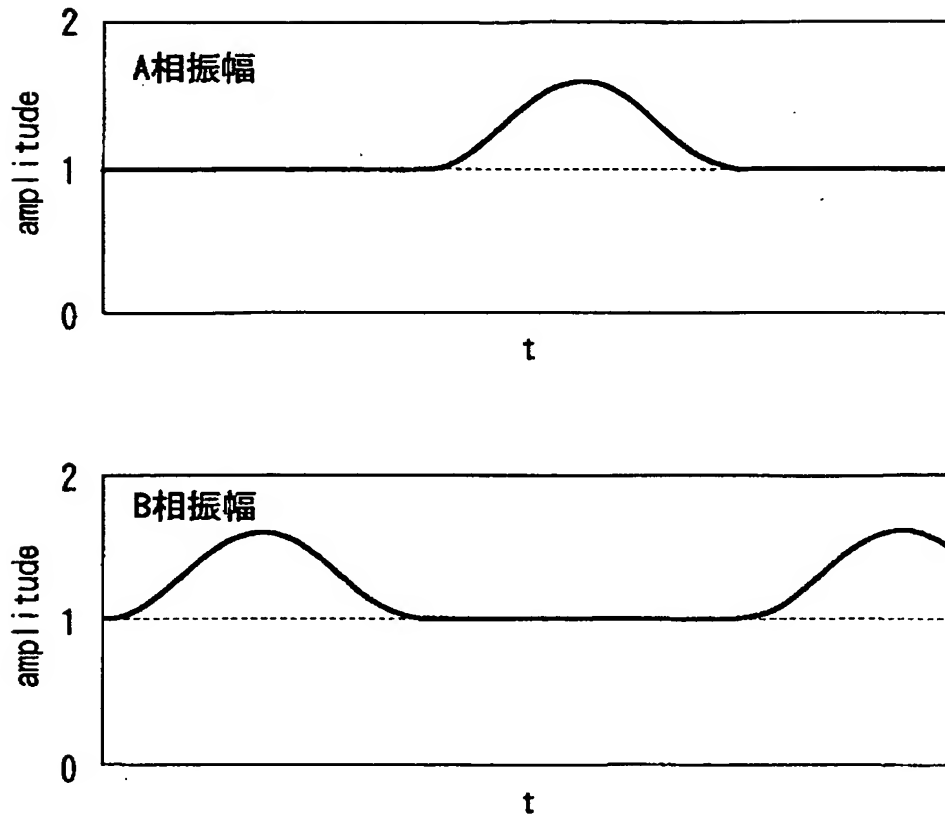
【図 7】



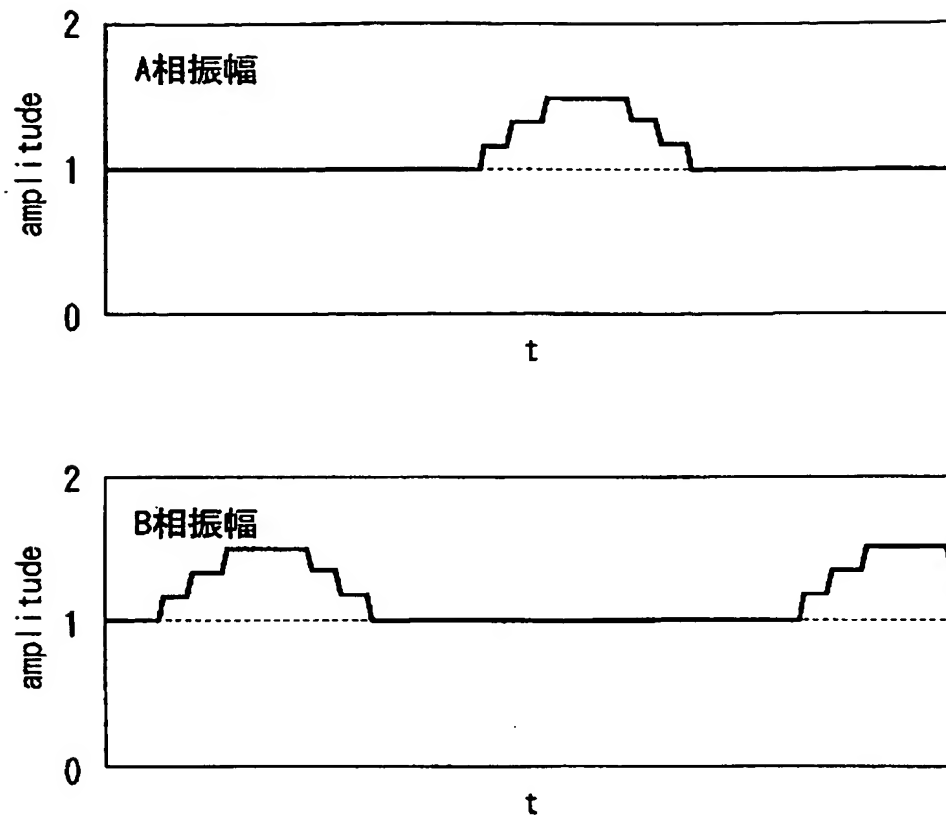
【図 8】



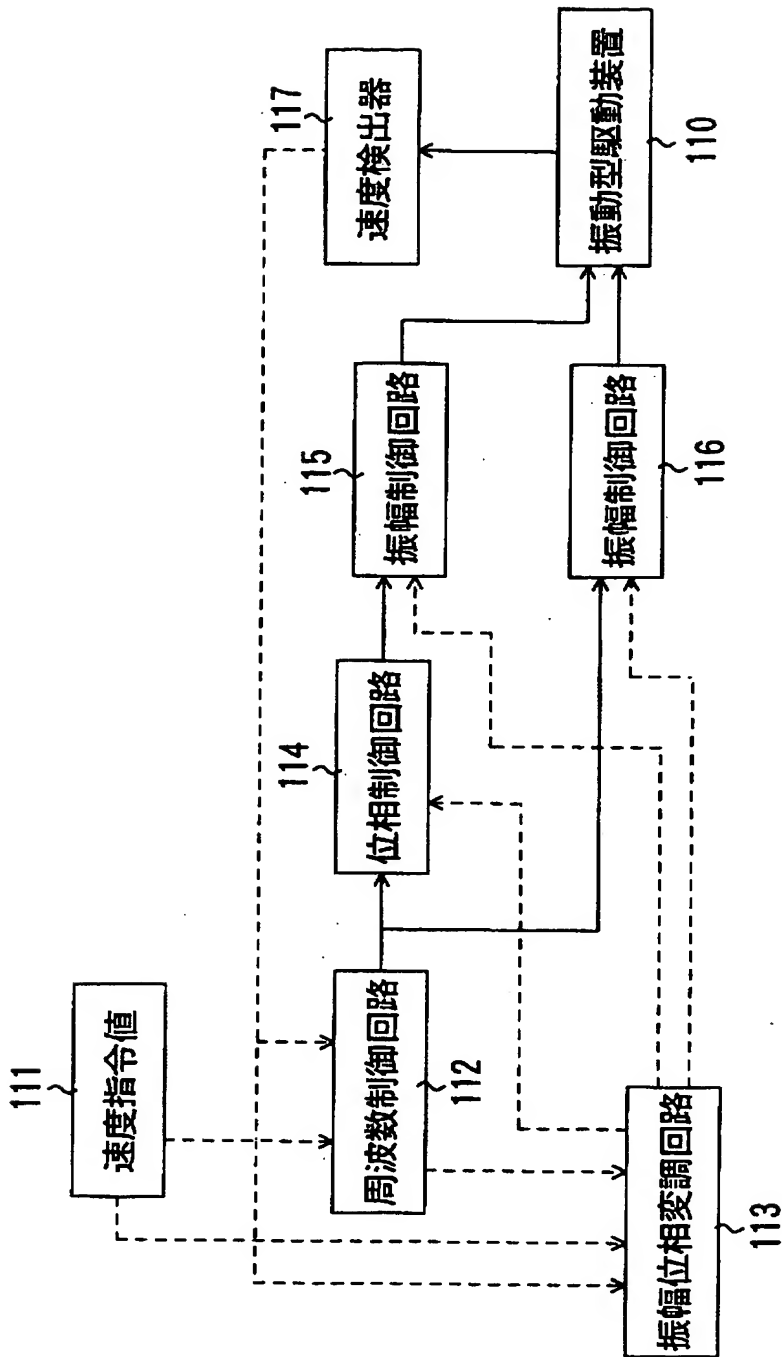
【図 9】



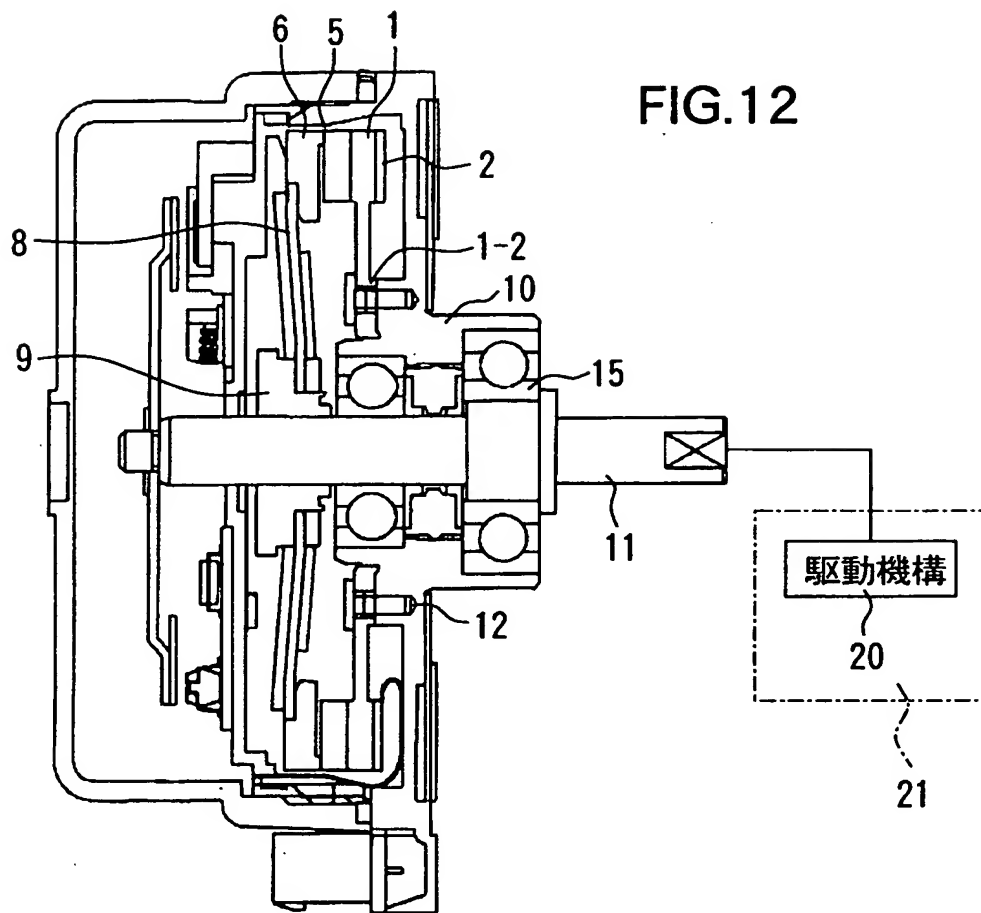
【図 10】



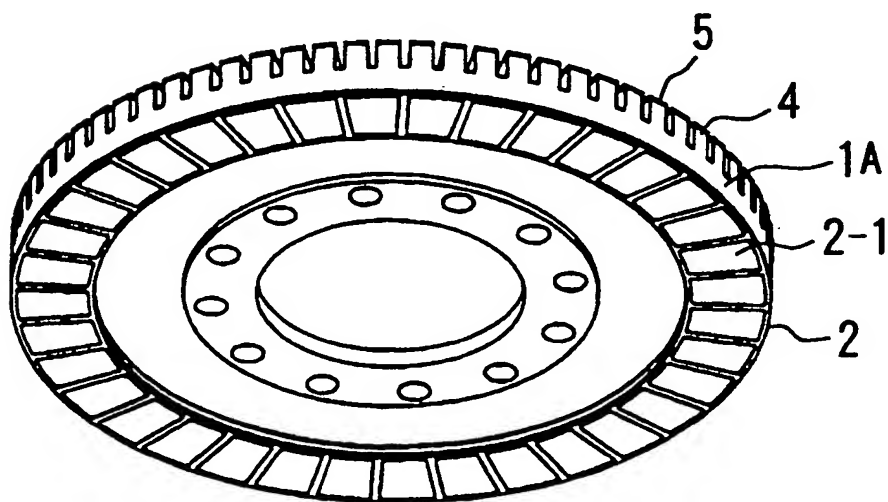
【図 11】



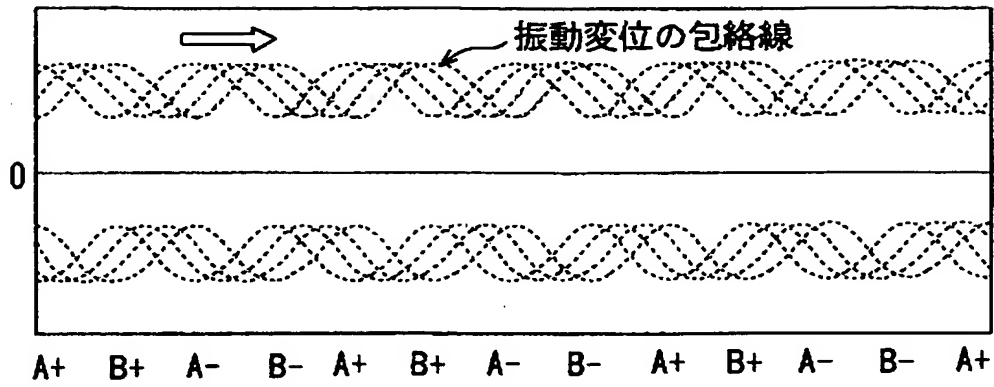
【図 12】



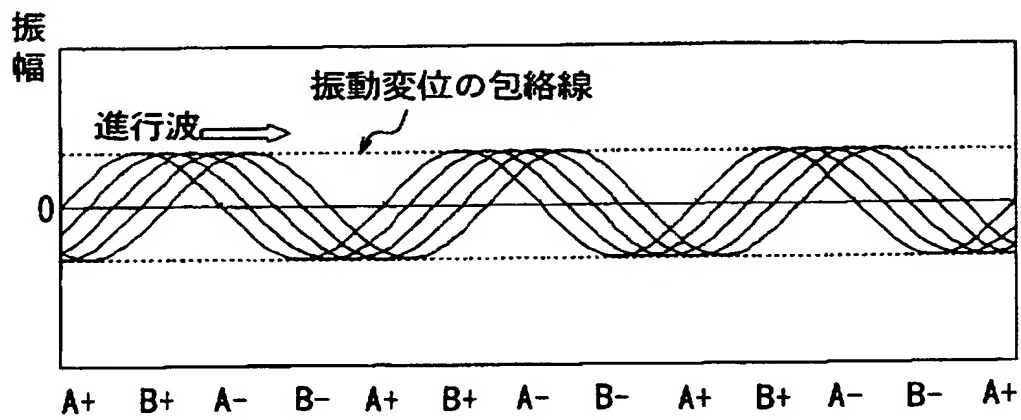
【図 13】



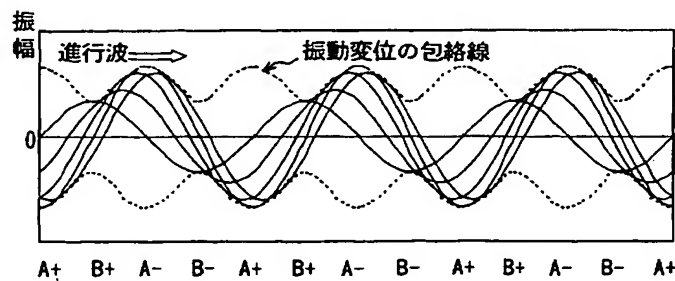
【図 14】



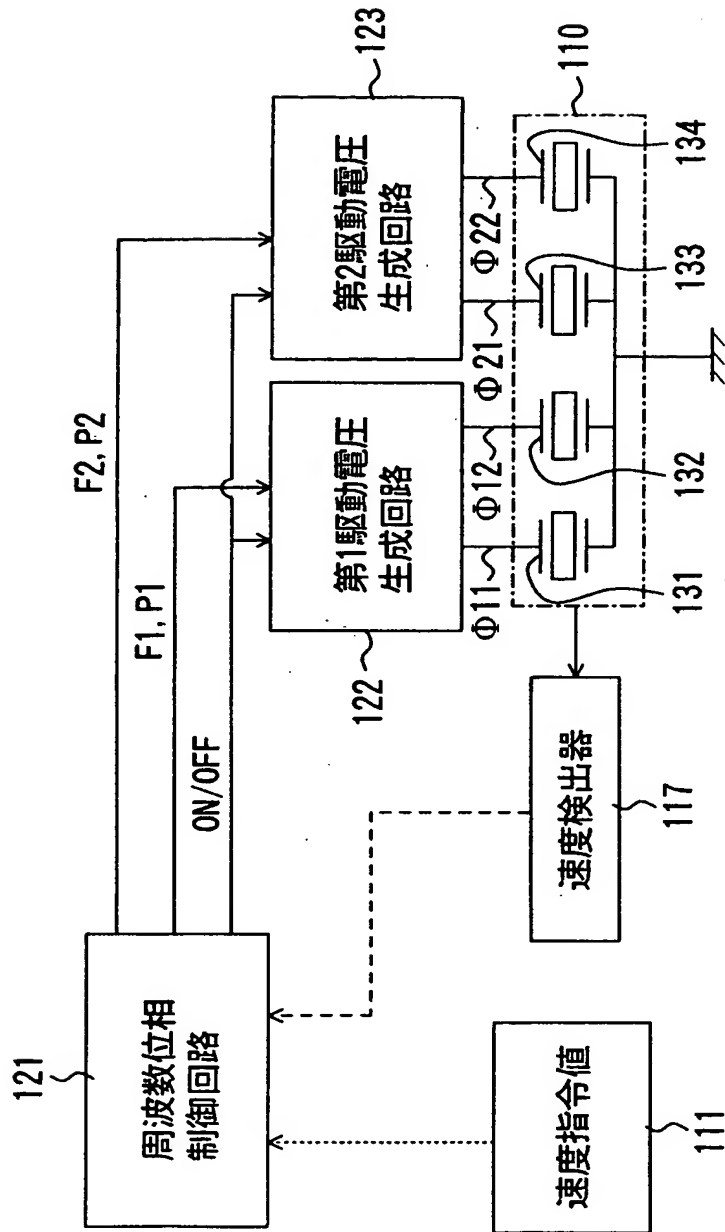
【図 15】



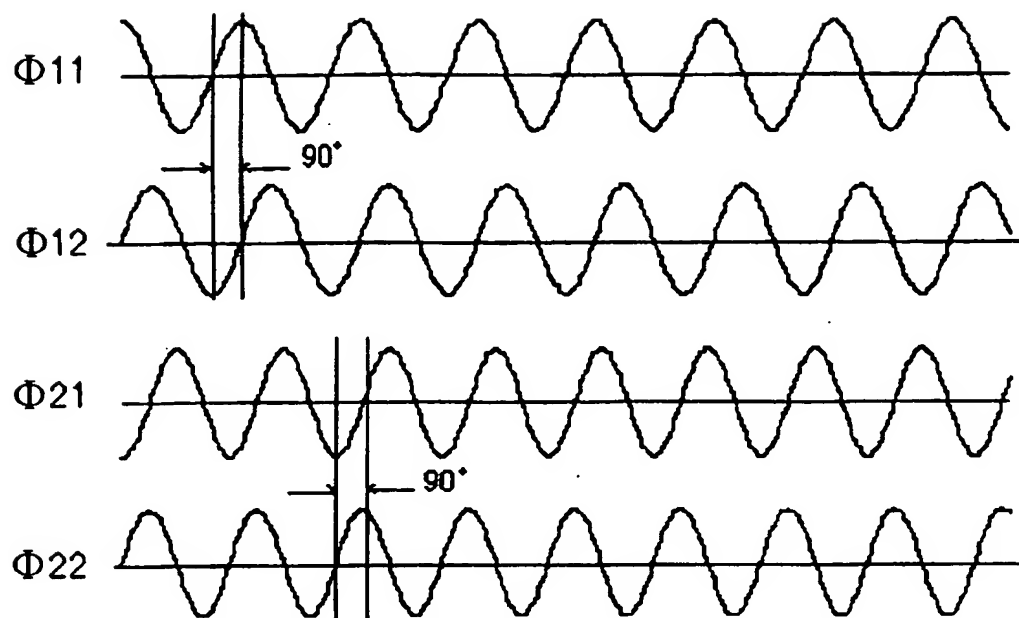
【図 16】



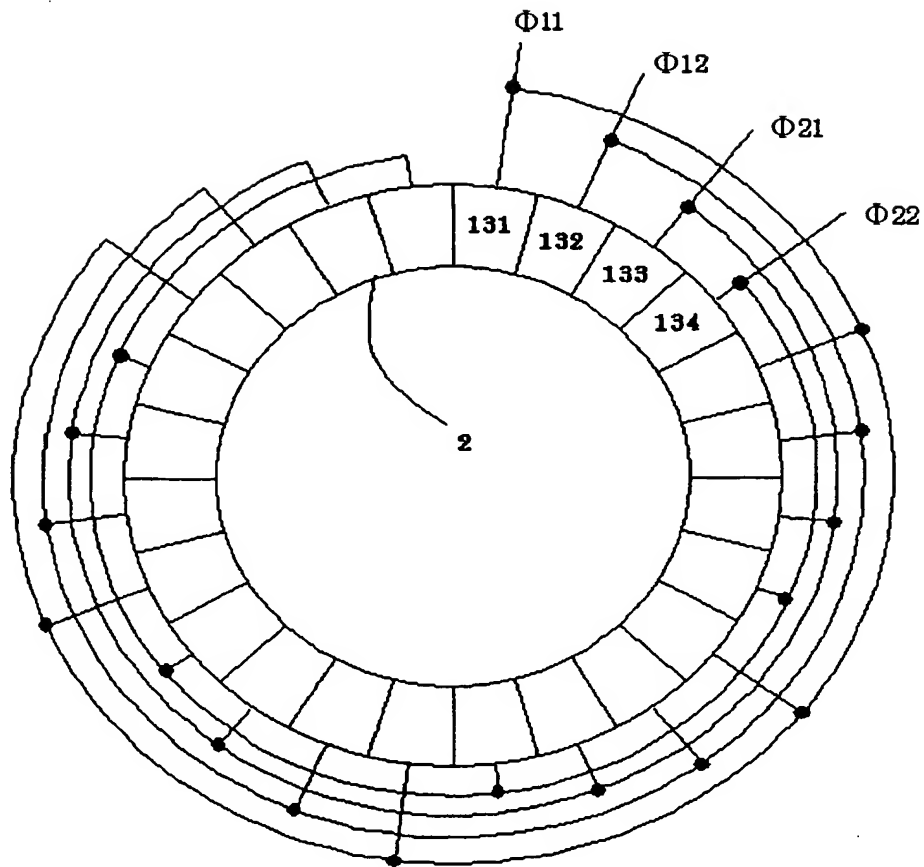
【図 17】



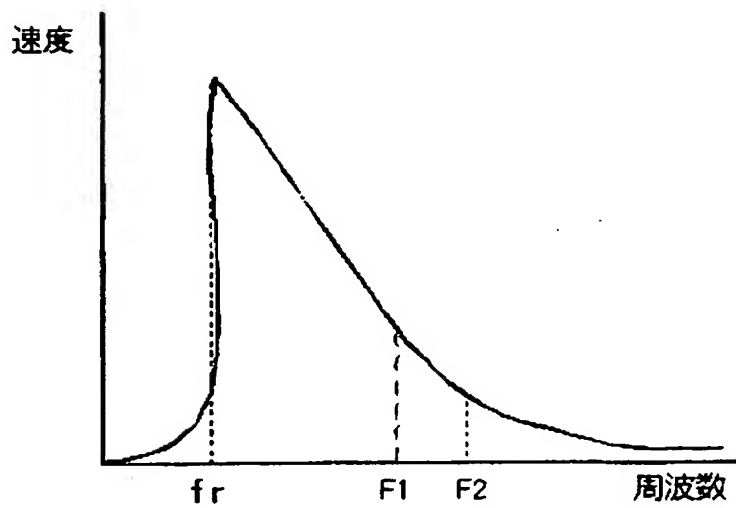
【図 18】



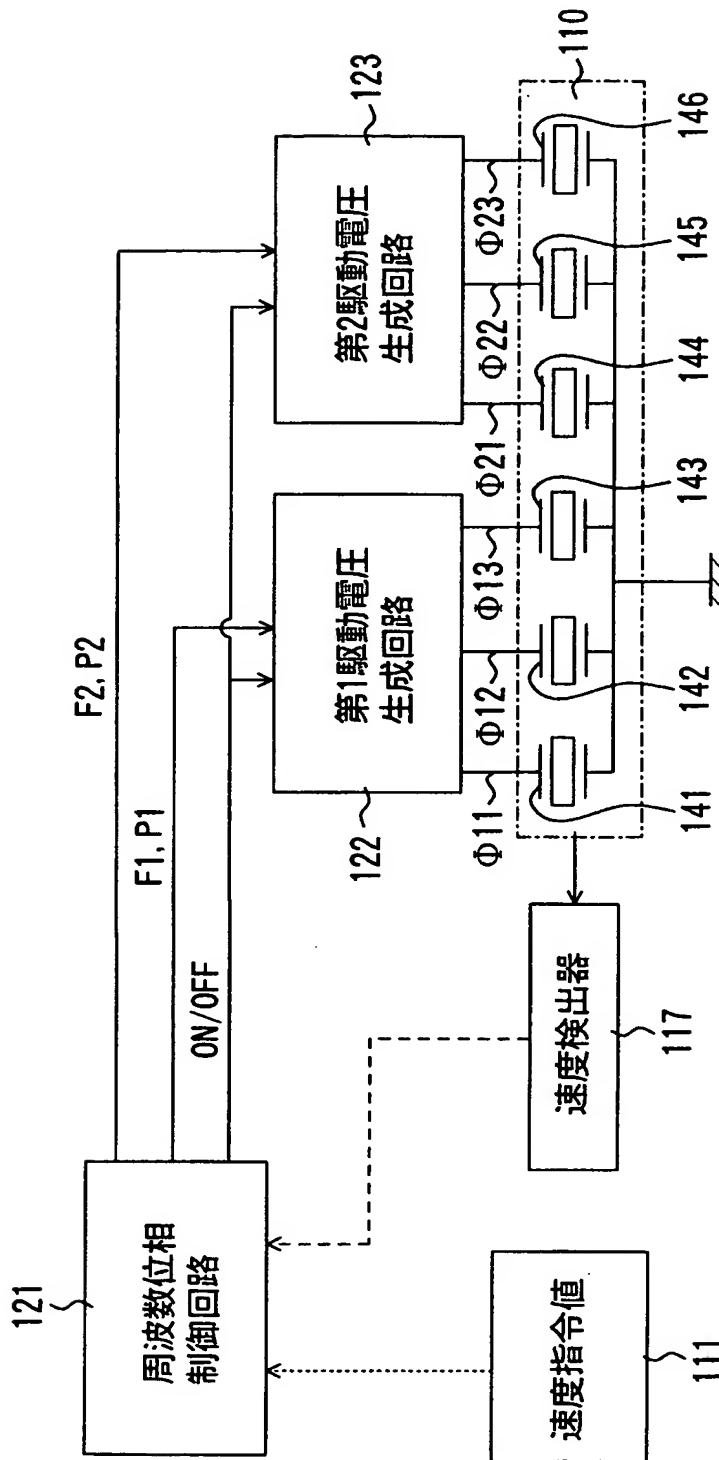
【図 19】



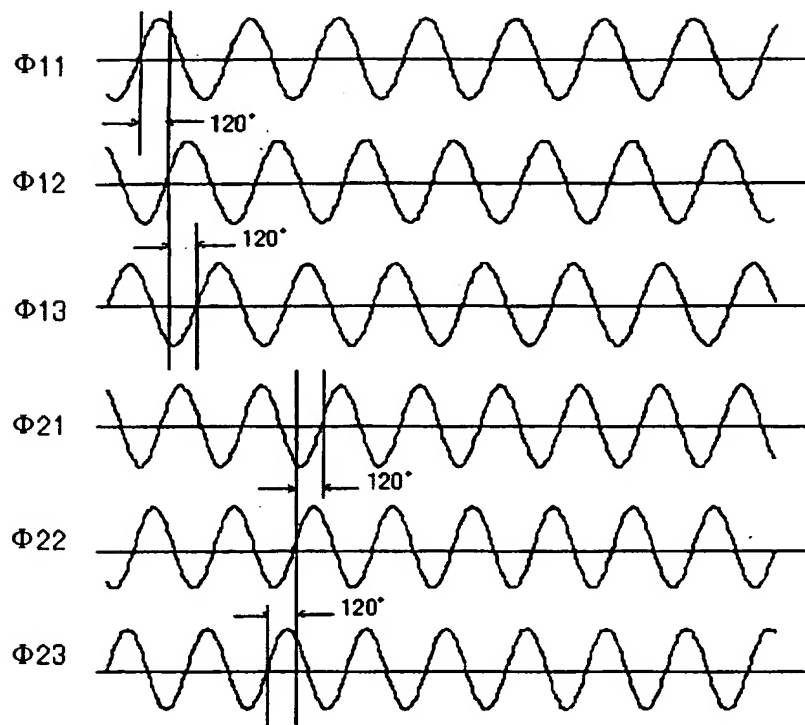
【図 20】



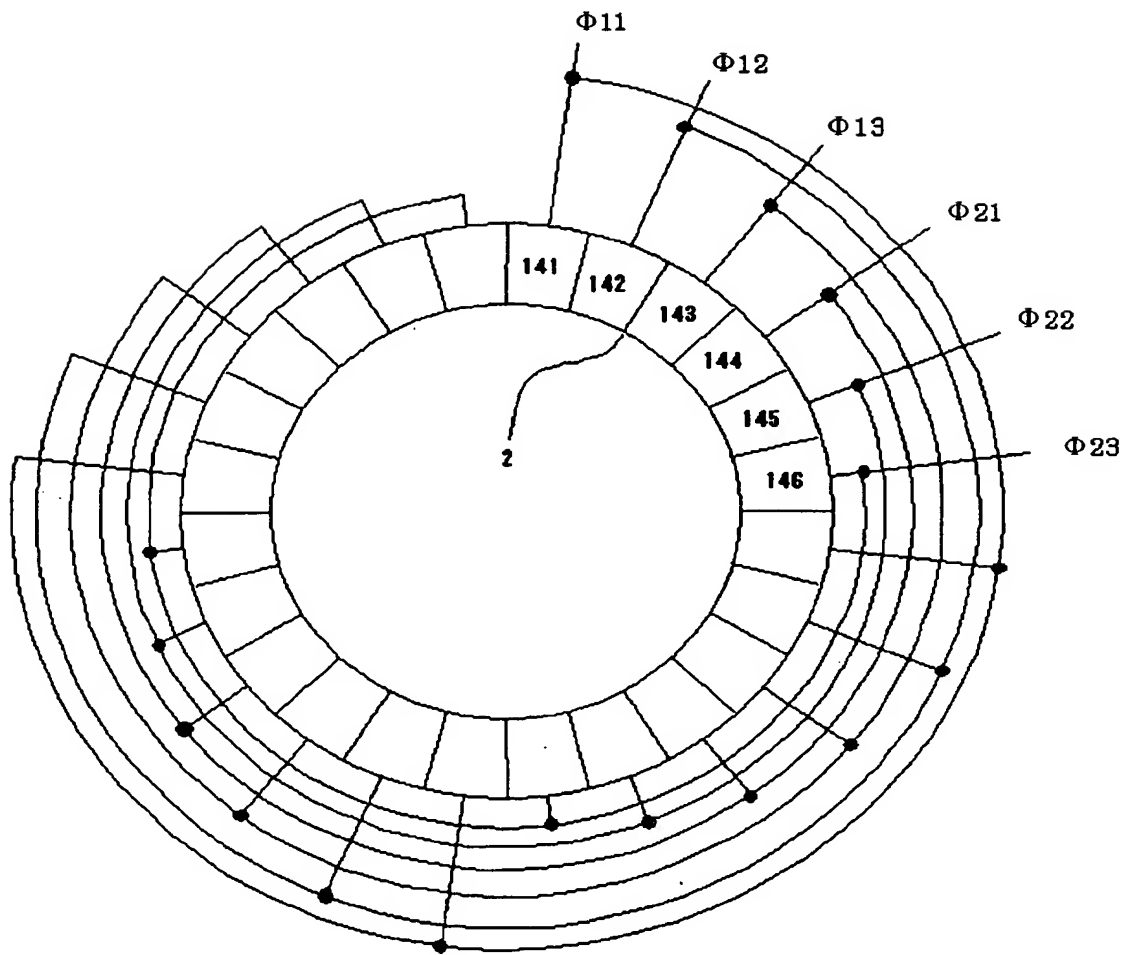
【図 21】



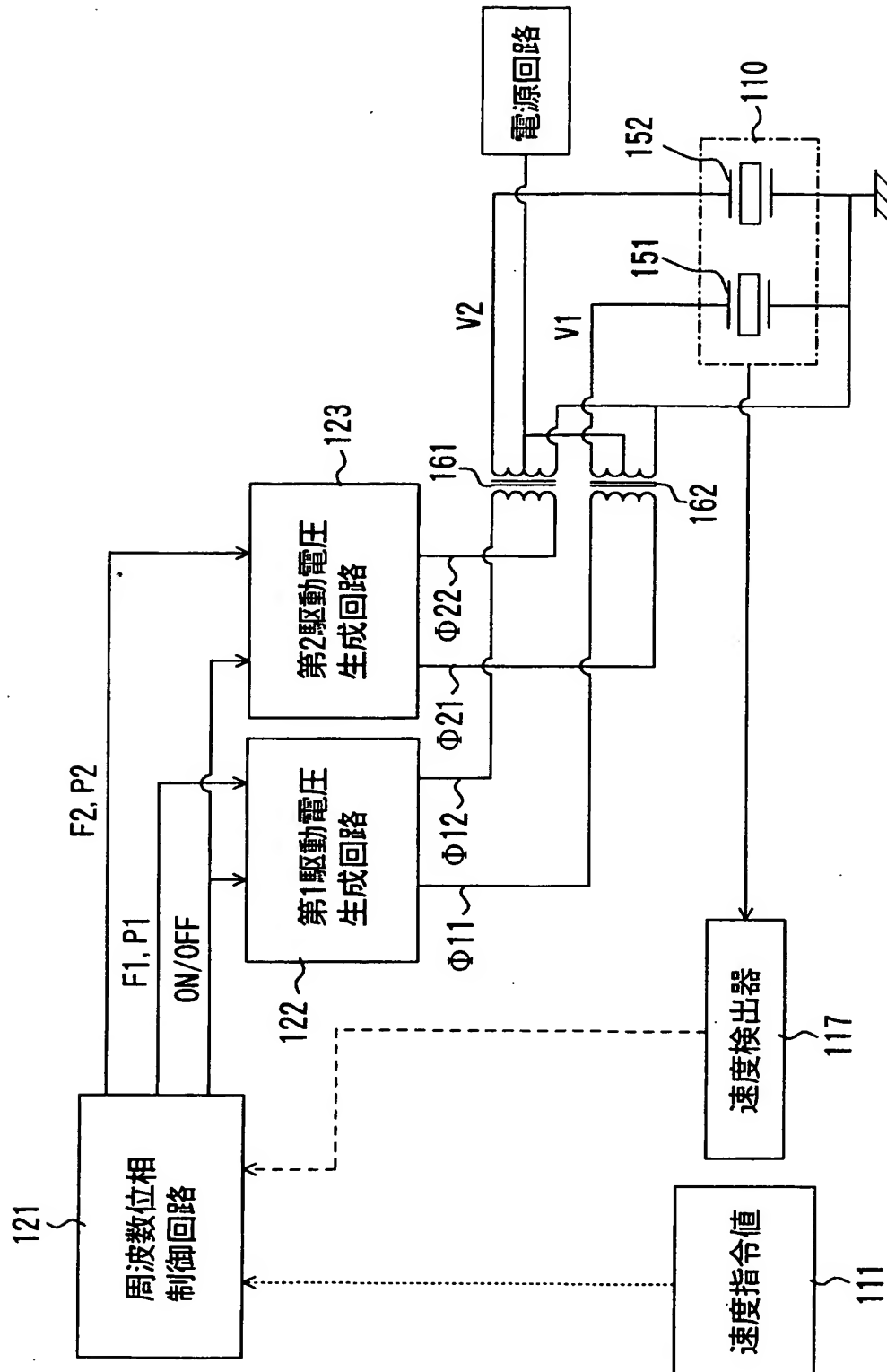
【図 22】



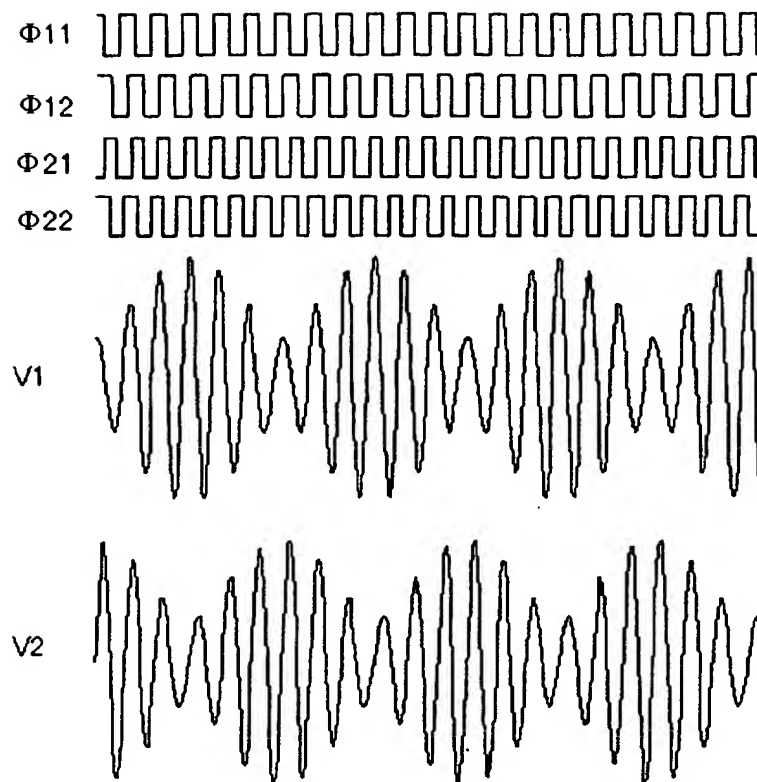
【図 23】



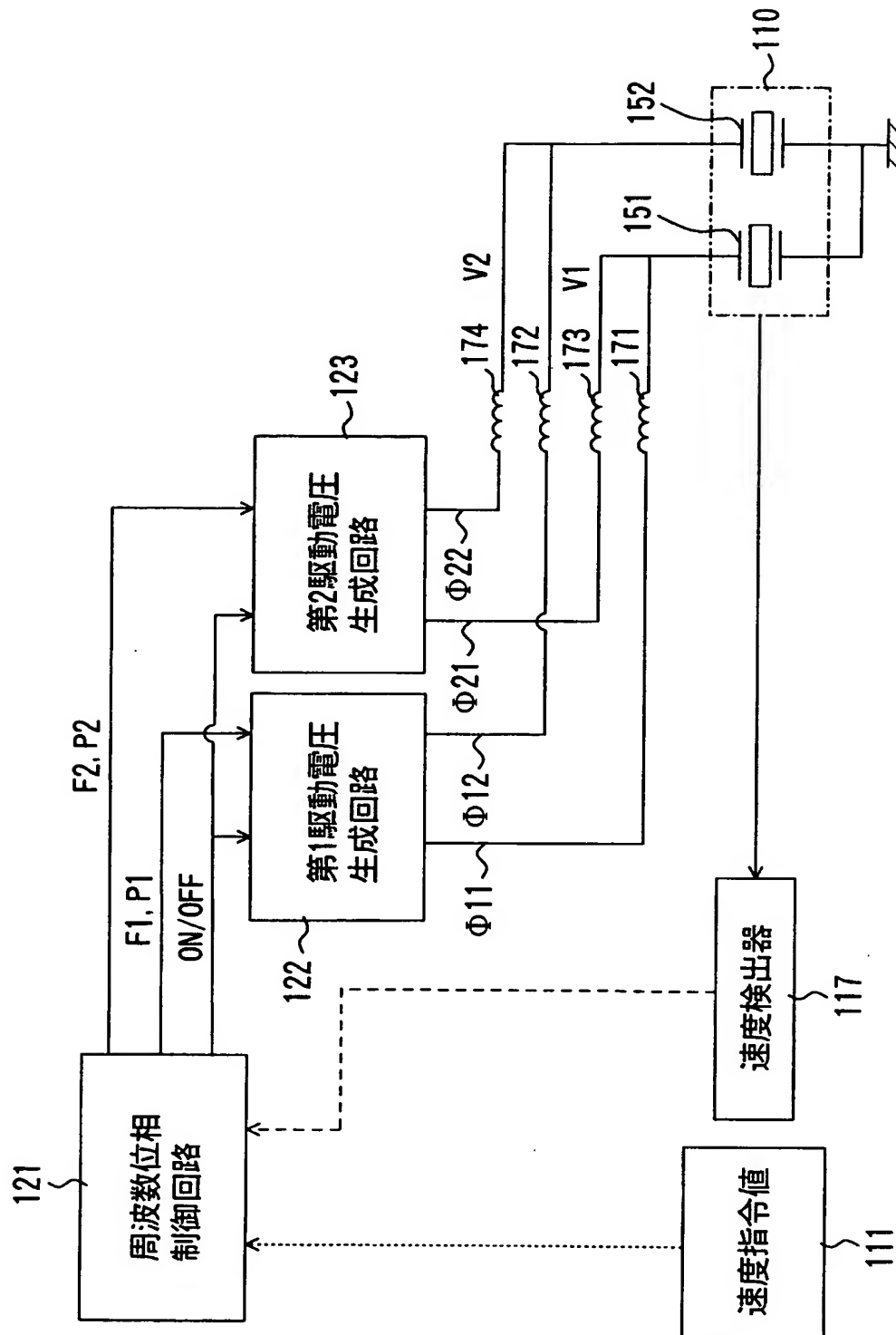
【図 2 4】



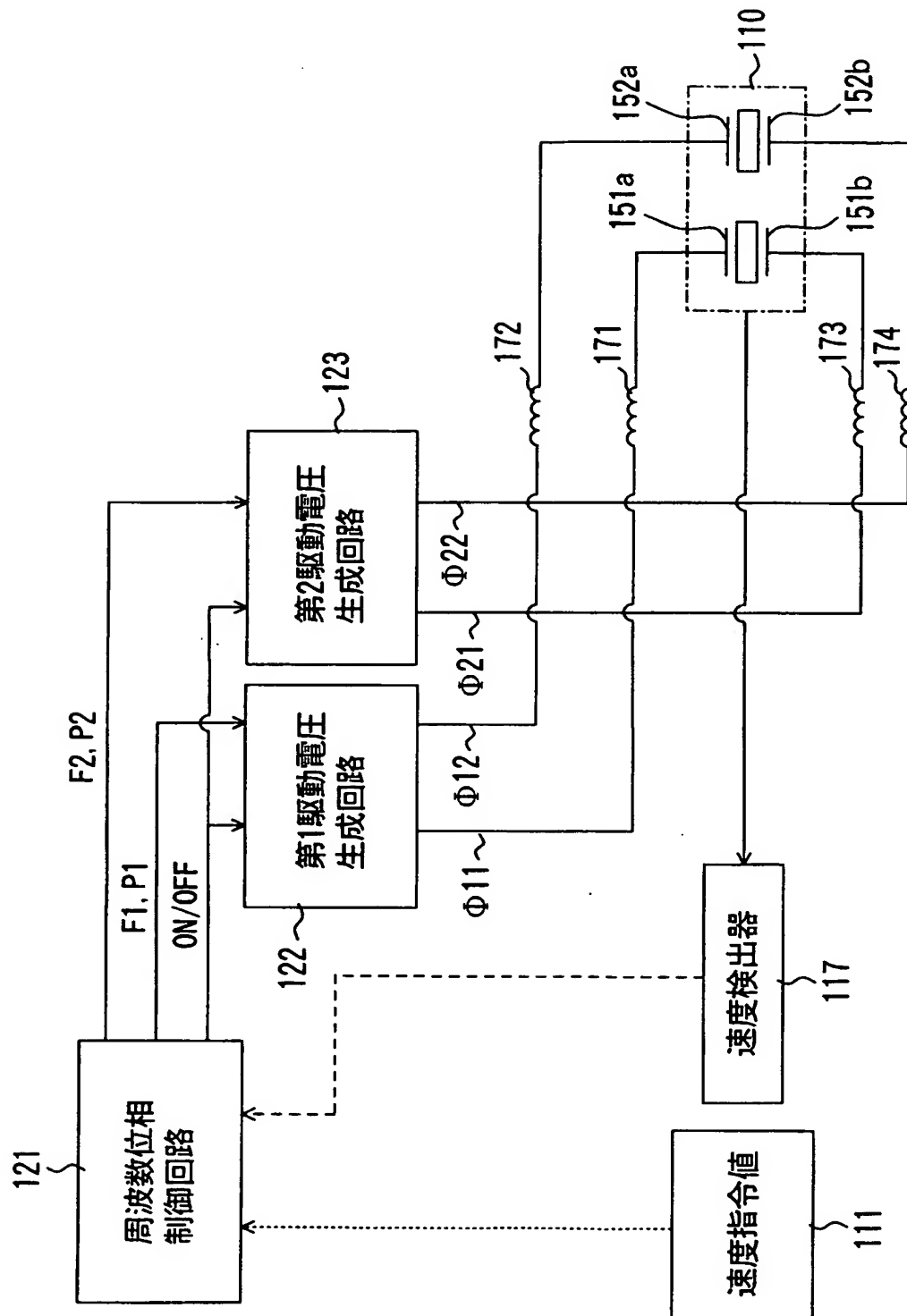
【図 25】



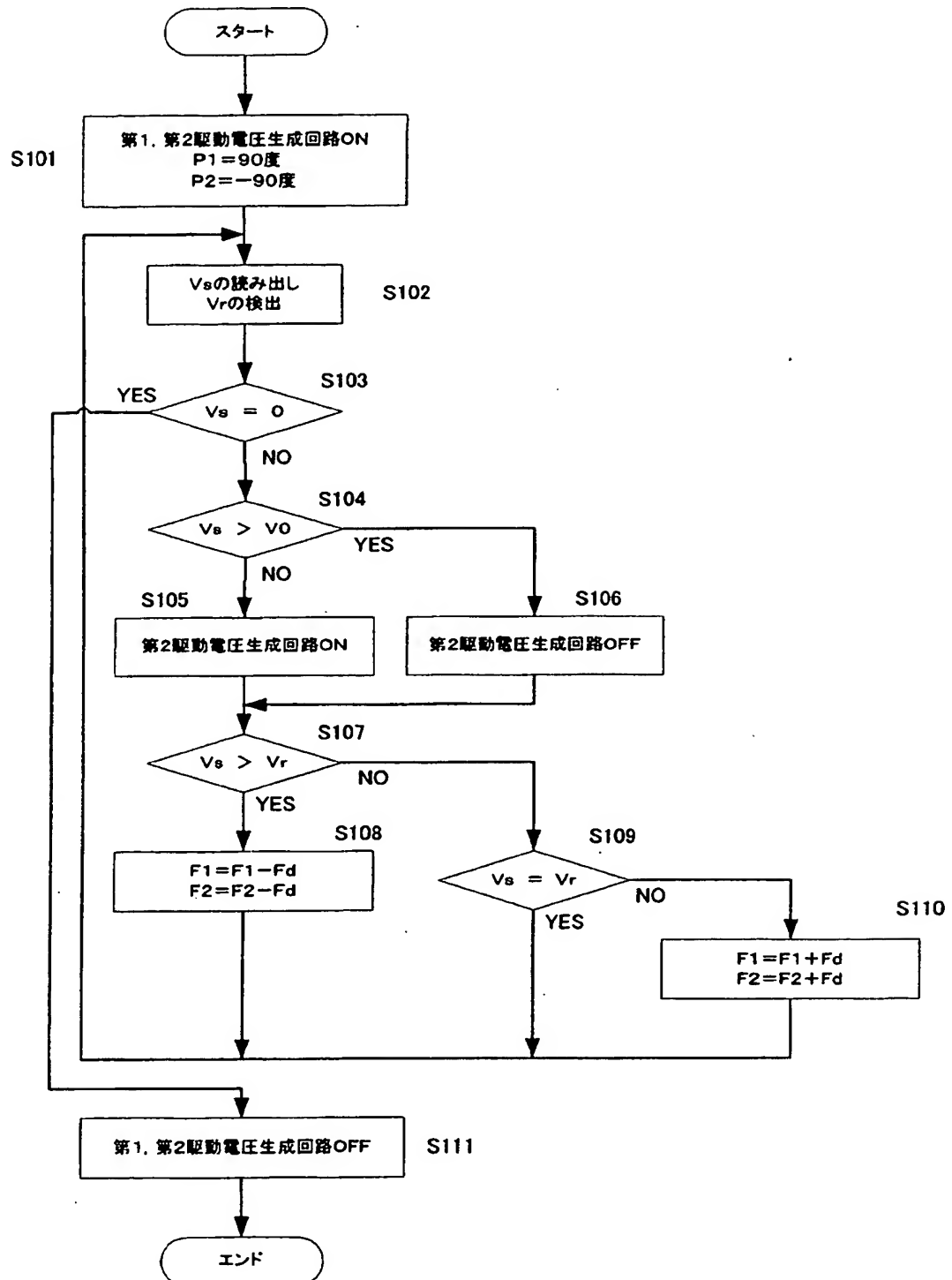
【図 26】



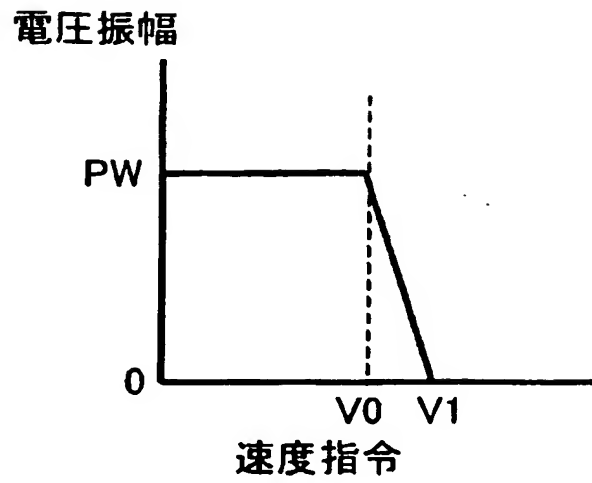
【図 27】



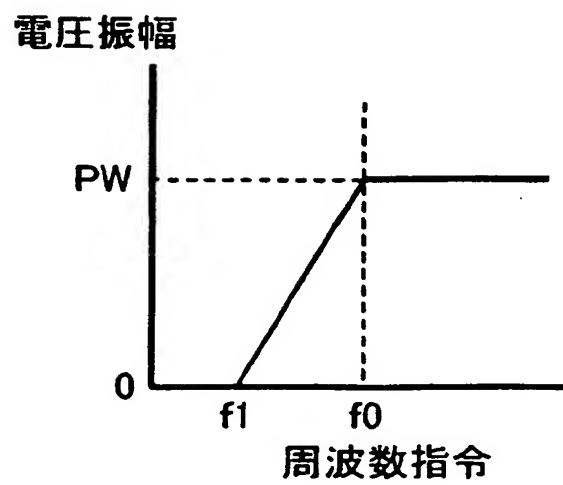
【図 28】



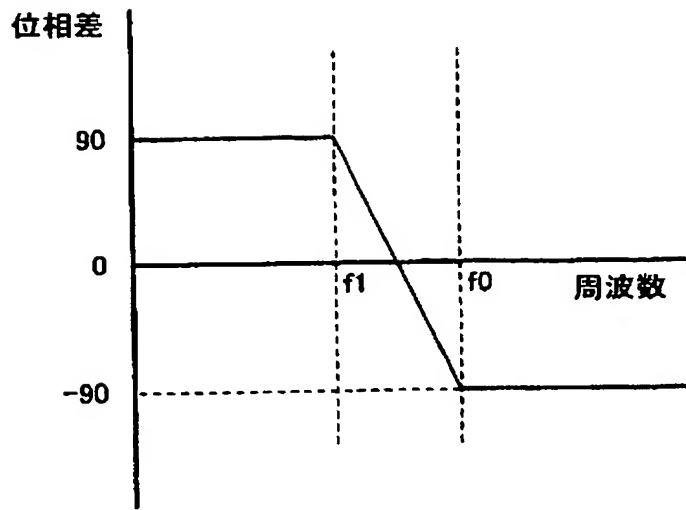
【図 29 A】



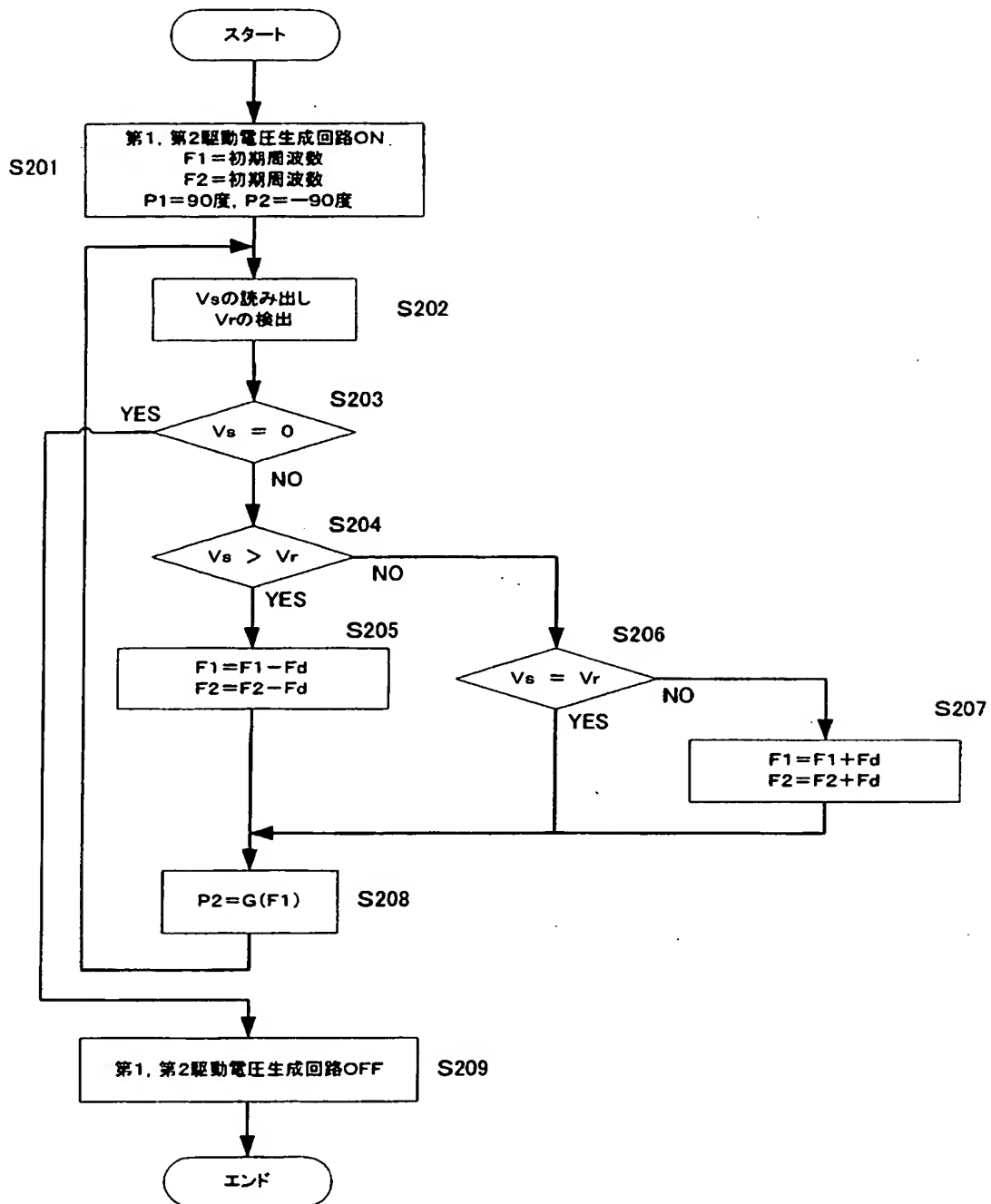
【図 29 B】



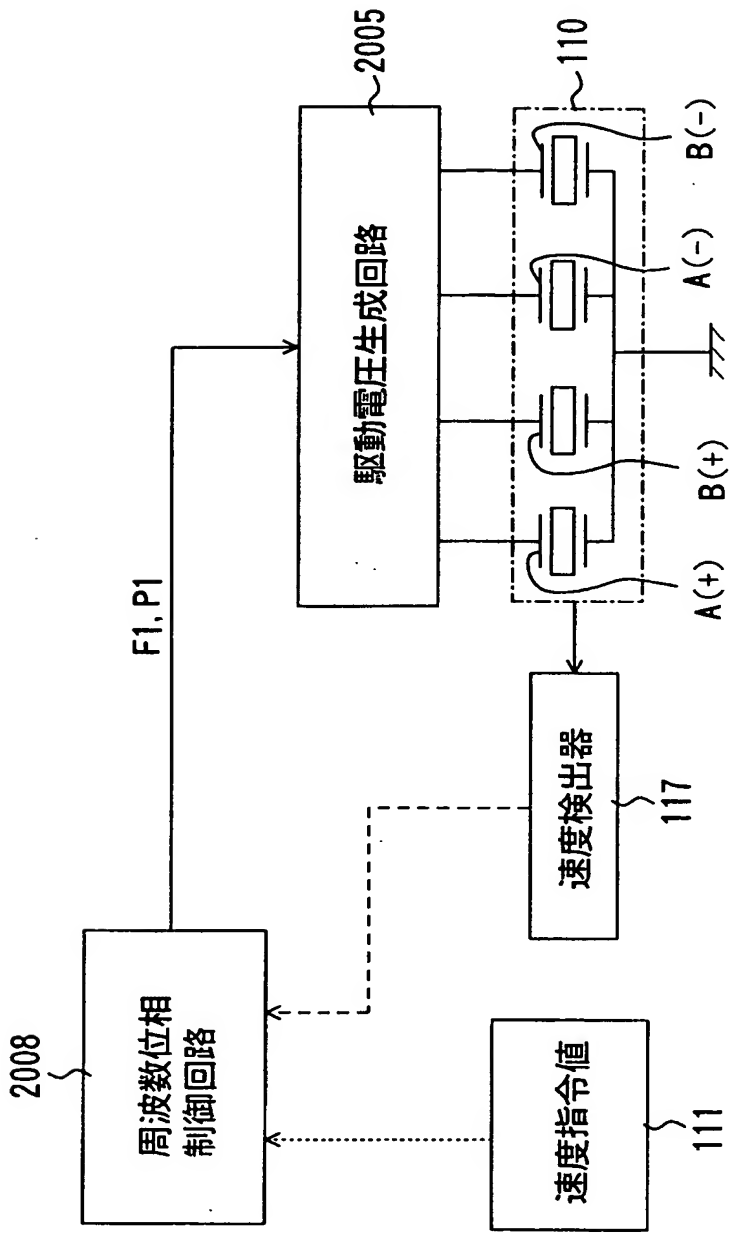
【図 30】



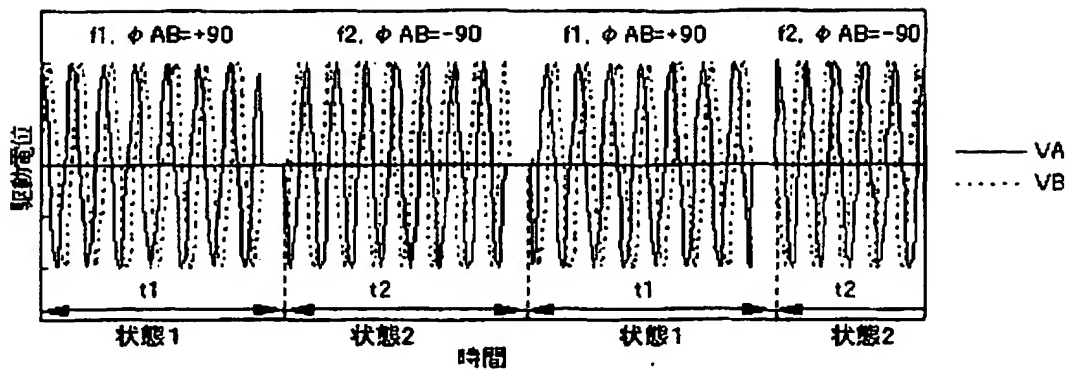
【図 31】



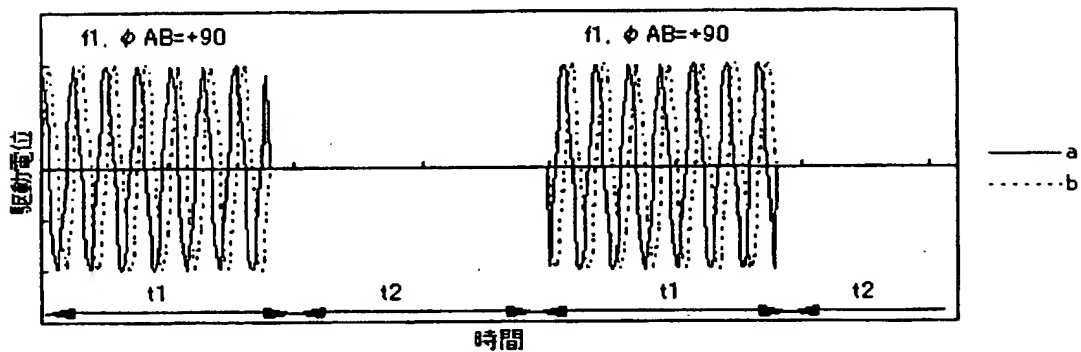
【図 3 2】



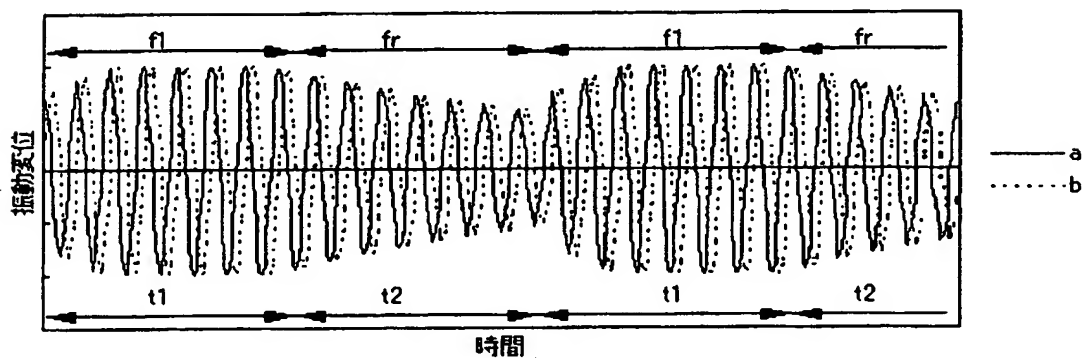
【図 3 3】



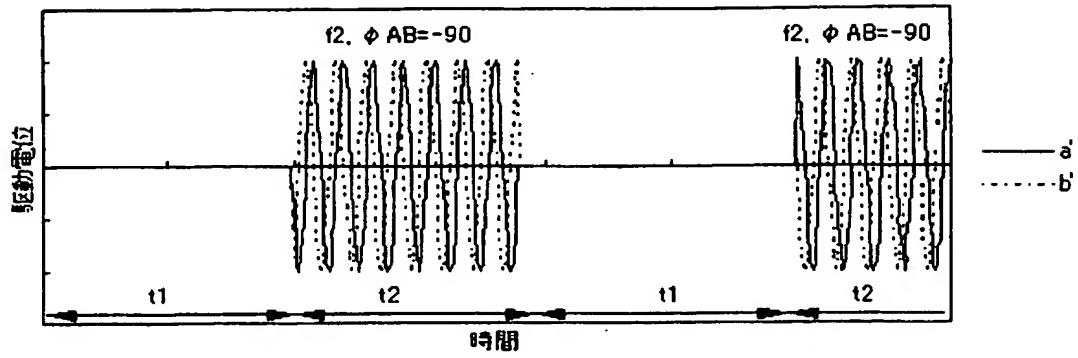
【図 3 4 A】



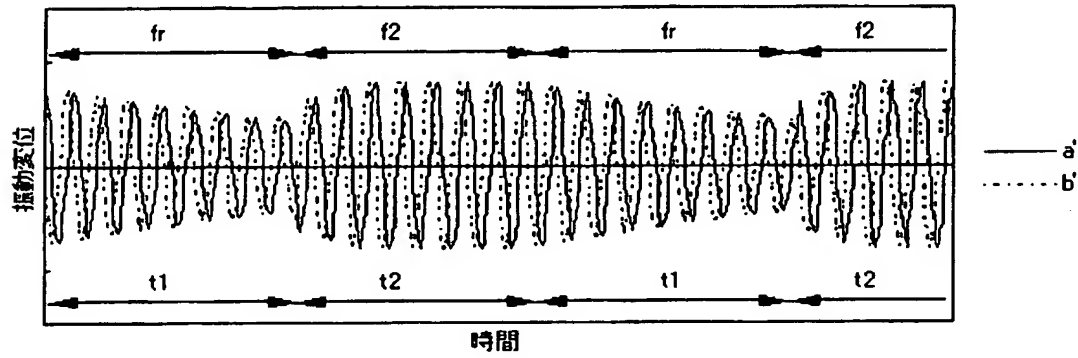
【図 3 4 B】



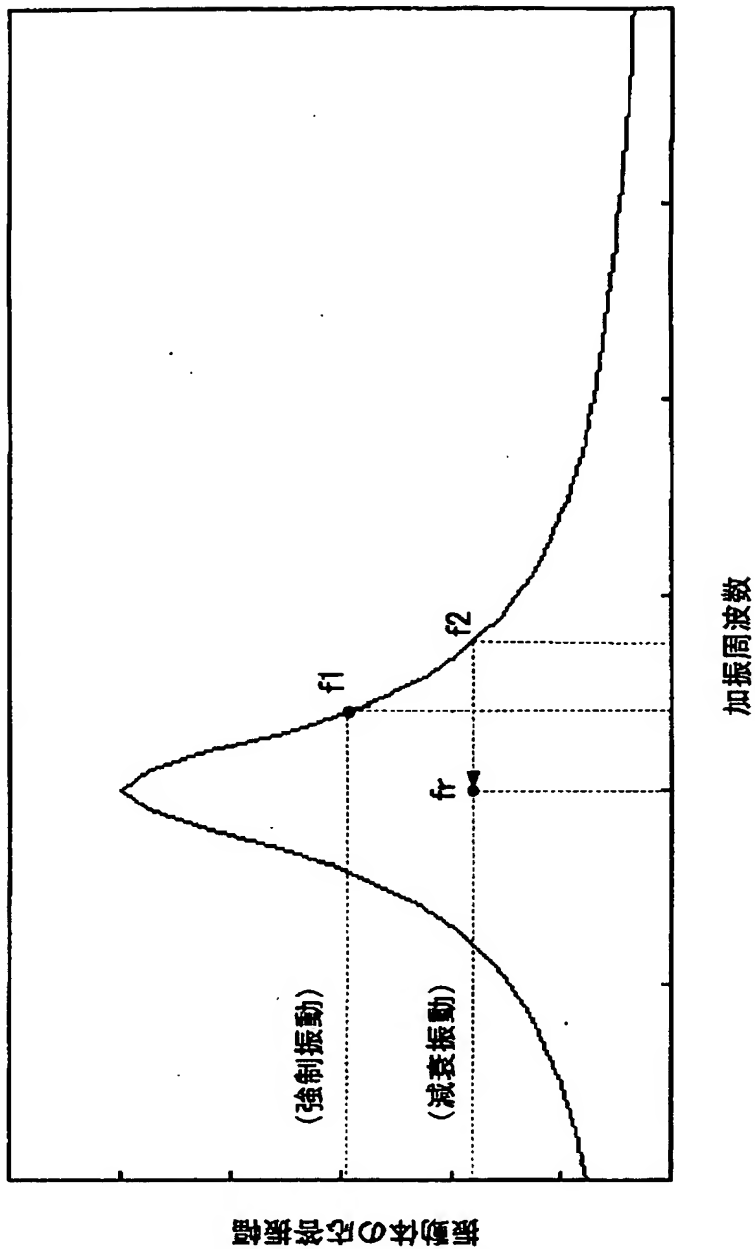
【図 3 5 A】



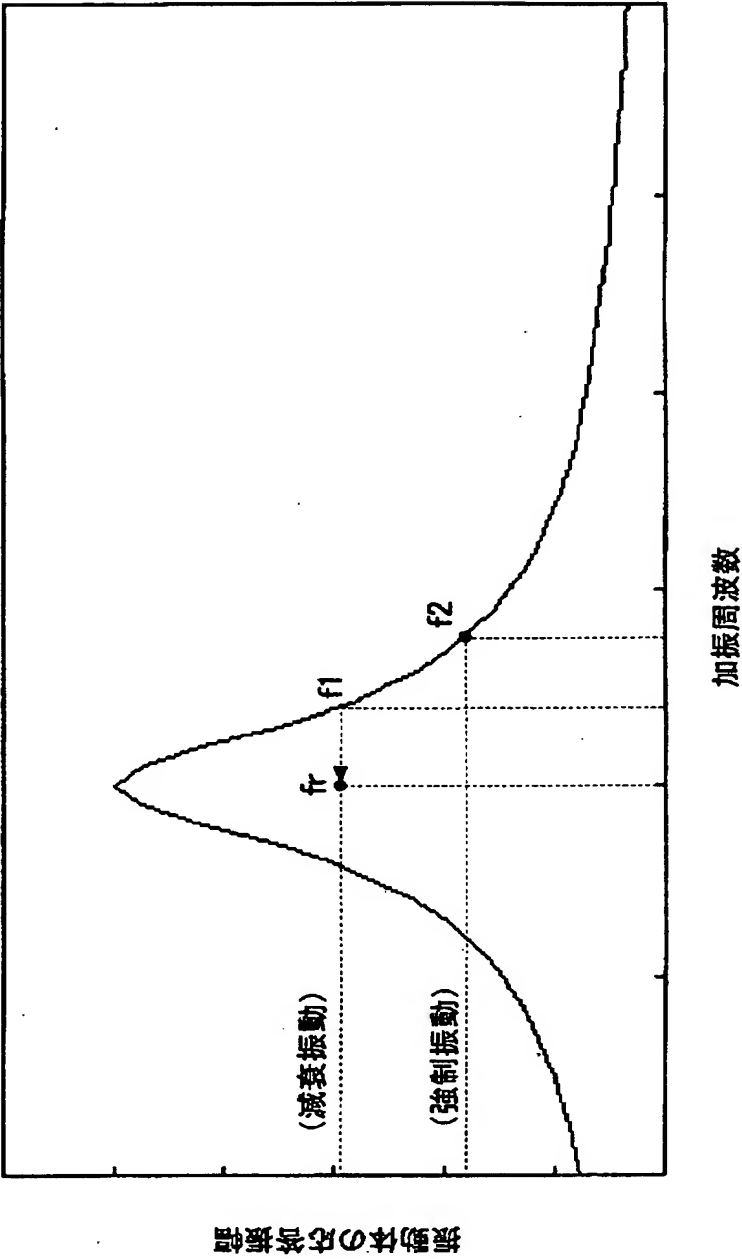
【図 3 5 B】



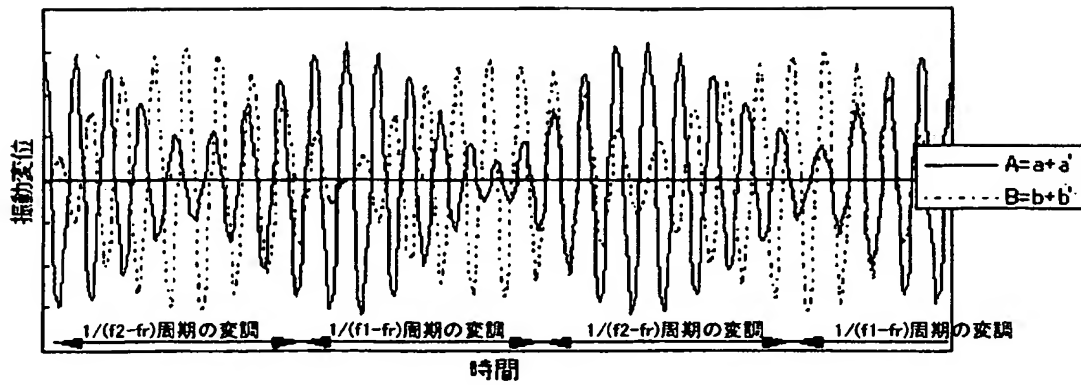
【図 36】



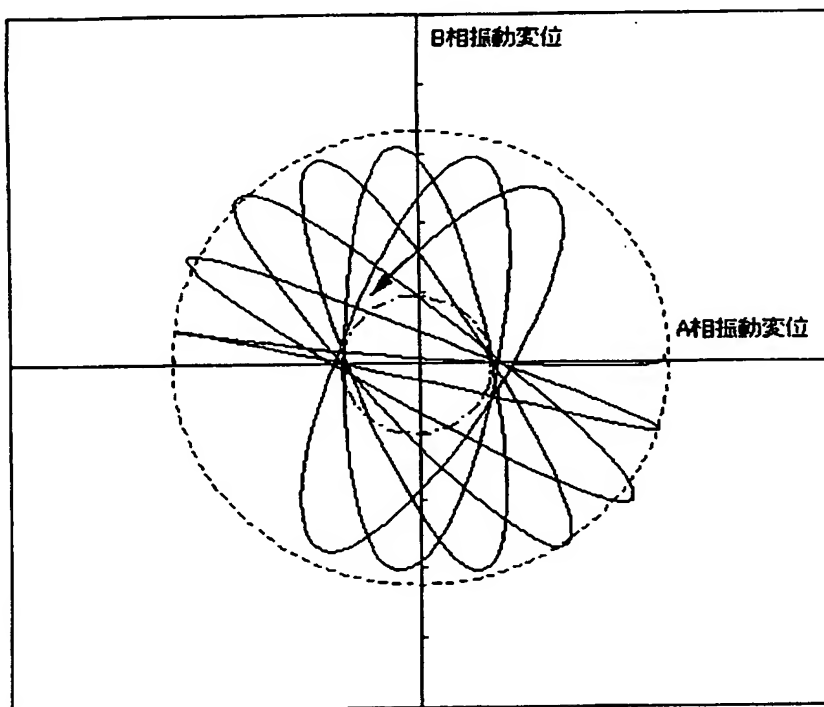
【図 37】



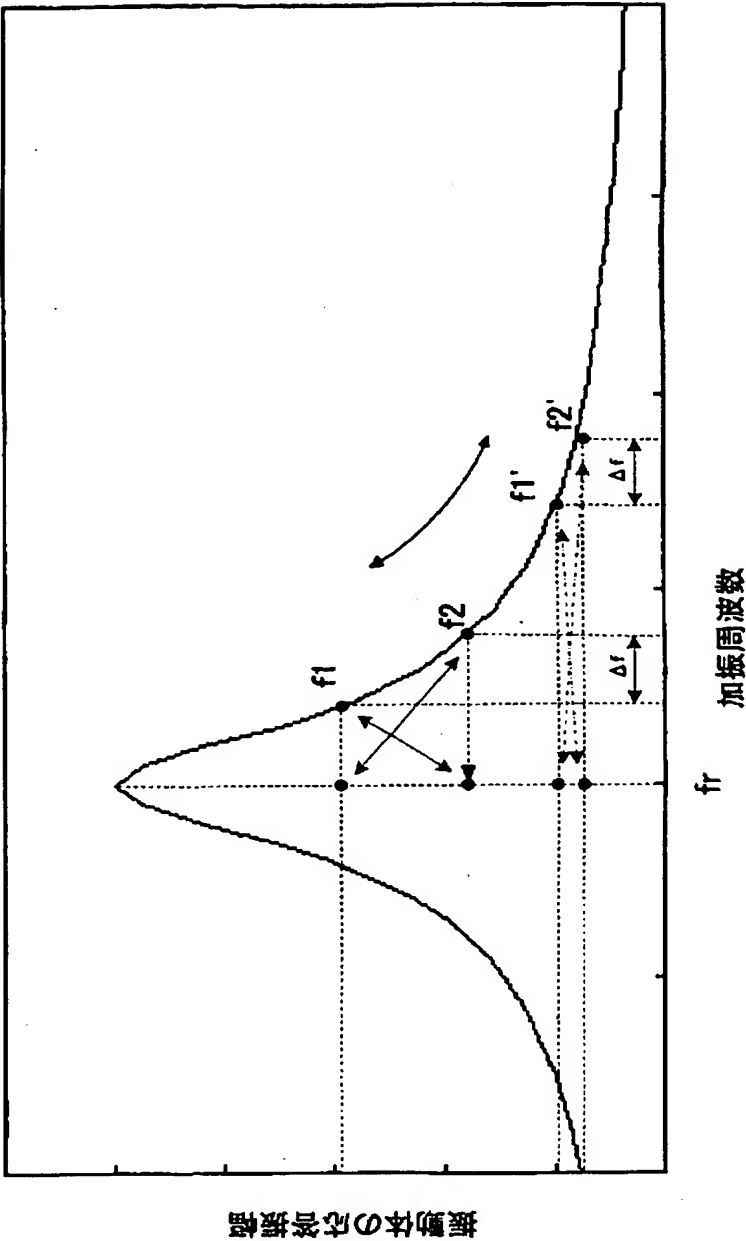
【図 38】



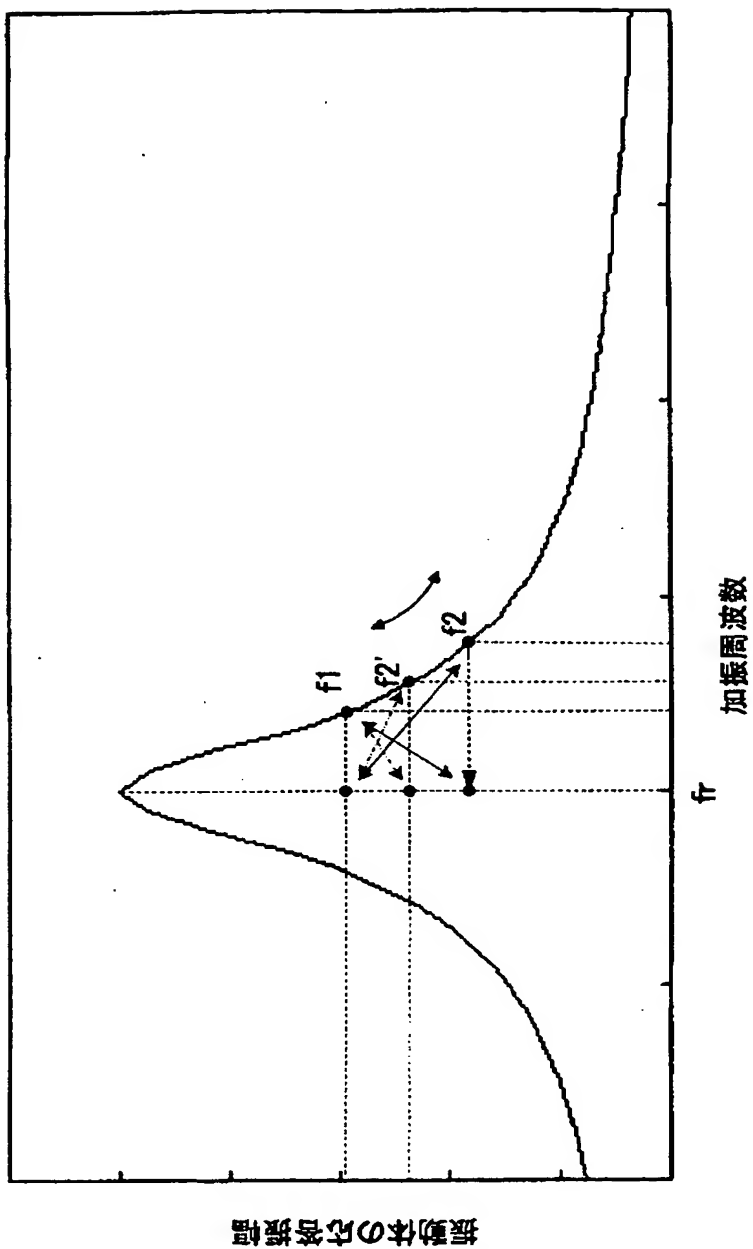
【図 39】



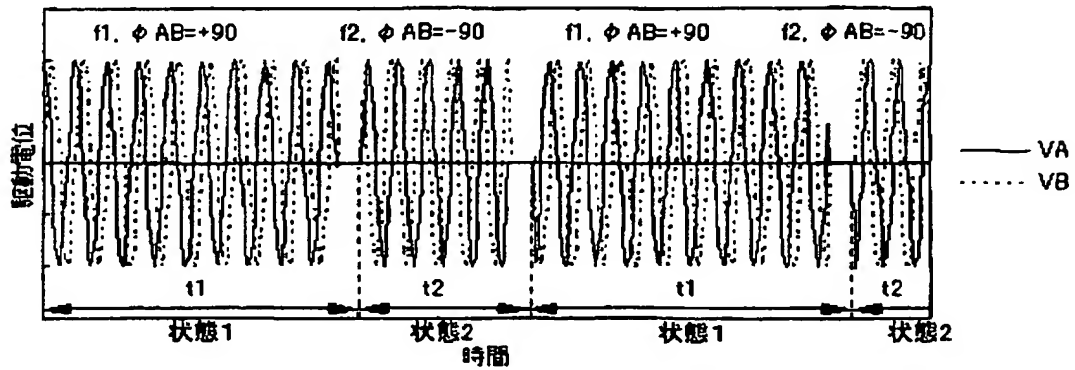
【図 40】



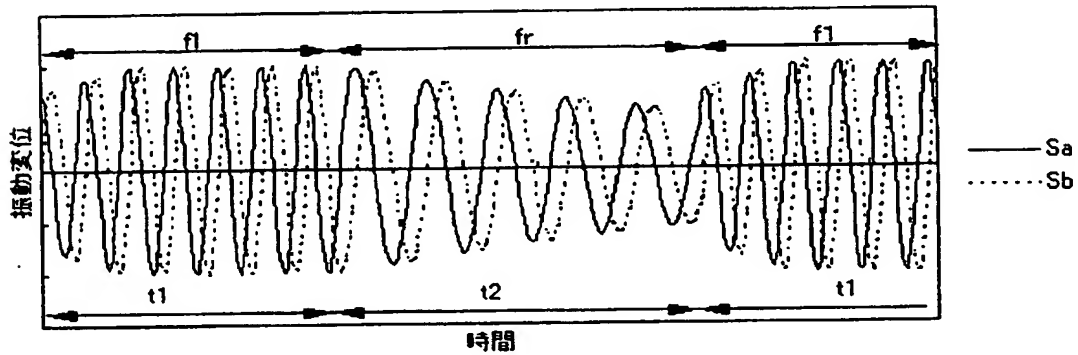
【図 4 1】



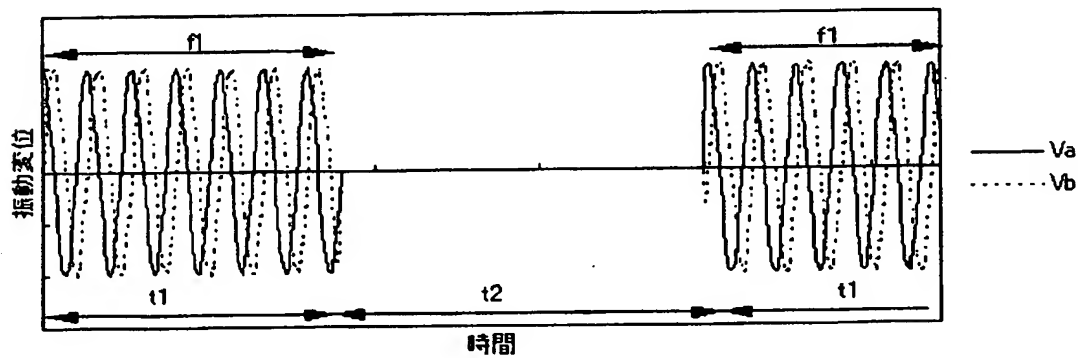
【図 4 2】



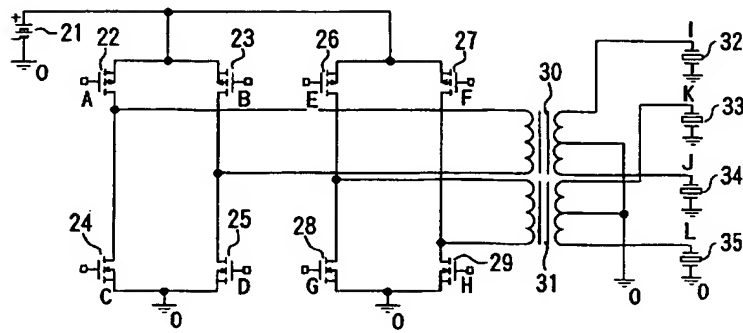
【図 4 3 A】



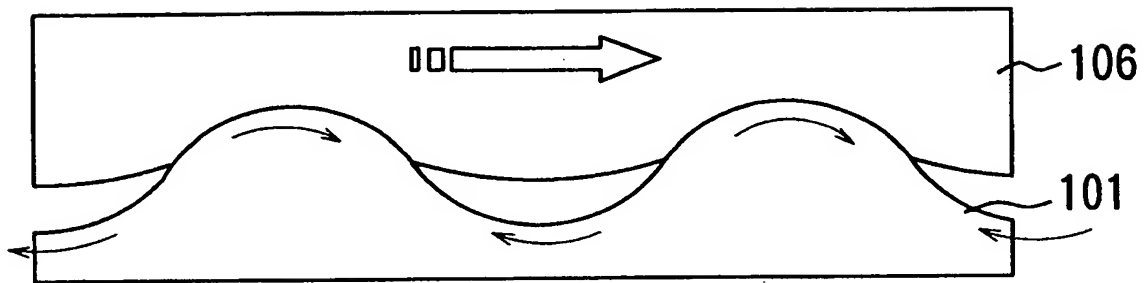
【図 4 3 B】



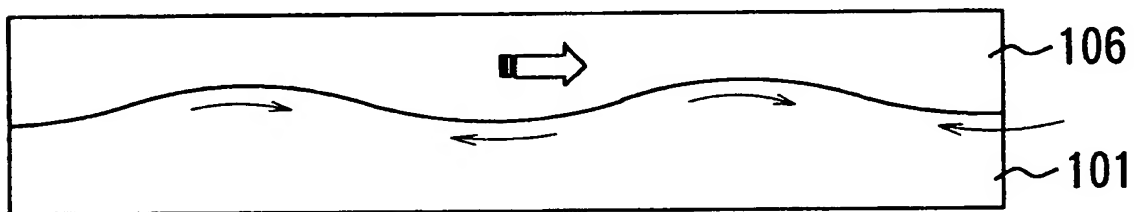
【図 4 4】



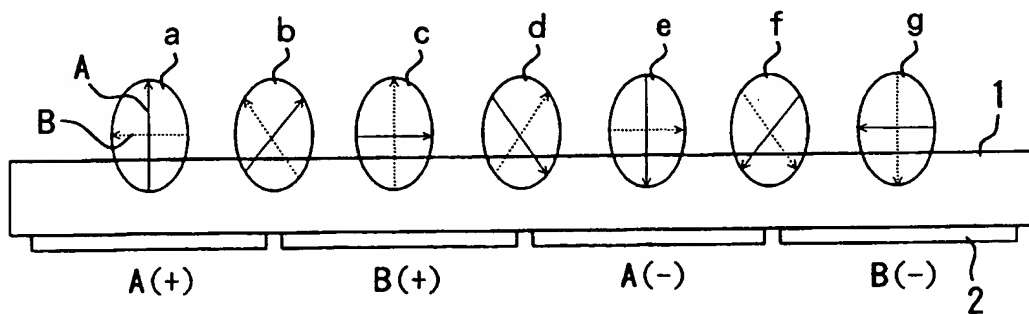
【図 4 5 A】



【図 4 5 B】



【図 4 6】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 低速での駆動状態を長期間にわたって続けても、出力性能を維持できる振動型駆動装置の制御装置を提供する。

【解決手段】 弾性体 1 A および電気-機械エネルギー変換素子 2 を有する振動体 1 と、振動体に接触する接触体 6 とを有し、電気-機械エネルギー変換素子に複数の駆動信号を印加して、振動体に進行性振動を励起し、振動体と接触体とを相対移動させる振動型駆動装置の制御装置において、該制御装置は、進行性振動の最大変位が増減し、かつその最大変位が極大となる位置が振動体と接触体の相対移動方向に変化するように駆動信号を制御する。

【選択図】 図 1 2

特願 2004-081135

出願人履歴情報

識別番号

[000001007]

1. 変更年月日

1990年 8月30日

[変更理由]

新規登録

住所

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

氏名

キャノン株式会社